

# Интеллектуальный инжиниринг ЛАНИТ на службе у “Силовых машин”

Коллективное интервью менеджеров ПАО “Силовые машины”

Александра и Юрий Сухановы (CAD/CAM/CAE Observer)

observer@cadcamcae.lv

## От редакции

В рамках нашего популярного пропагандистского проекта “Формула успеха” стали привычными рассказы о достижениях **государственных предприятий** в области автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) и других стадий жизненного цикла изделий (ЖЦИ). Из ранее опубликованного, в качестве примеров, можно привести следующие весьма содержательные материалы с пространными названиями: “Игра идёт “по-взрослому” (“ОКБ Сухого”), “Для авиадвигателестроения NX – вне конкуренции” (“НПП Газотурбостроения “Салют”), “Мы владеем уникальной методологией нисходящего проектирования” (“ЦСКБ-Прогресс”), “PLM не построить на инициативе снизу” (“РКК “Энергия” им. С.П. Королёва”), “Ориентация на лучшие IT- и PLM-решения позволила нам существенно сократить сроки создания перспективного авиадвигателя” (“Авиадвигатель”), “МВЗ им. М.Л. Миля готов помогать другим заводам холдинга “Вертолеты России” в освоении PLM”, “Отдавая должное инвестициям, технологиям и партнерам по внедрению PLM, мы осознавали, что главное условие успеха – увлеченность наших сотрудников” (КАМАЗ) и др.

На этот раз мы хотим рассказать о масштабном пилотном проекте автоматизации КТПП в ПАО “Силовые машины” (Санкт-Петербург). От ранее выполнявшихся на других производственных площадках России PLM-проектов он отличается как минимум в трех аспектах.

Во-первых, **“Силовые машины” – не госпредприятие, а крупная частная структура**, главной



**Владимир Пуляев** – директор по информационным технологиям ПАО “Силовые машины”.

С 1998 по 2008 гг. работал на Ленинградском Металлическом заводе (на тот момент являвшемся филиалом “Силовых машин”), где прошел путь от инженера до начальника отдела в управлении ИТ. В 2008 году перешел в ОАО “Силовые машины” и работал в должности начальника управления эксплуатации информационных систем. В мае 2013 года назначен директором ПАО “Силовые машины” по информационным технологиям.

целью которой является стабильный рост доходов и прибыли у всех входящих в её состав предприятий, определяющих лицо российского энергомашиностроения. Во-вторых, беспрецедентны масштаб и скорость реализации проекта – одновременно в пяти КБ и двух подразделениях ТПП. В-третьих – и это, пожалуй, главное – надо особо выделить глубокий **интеллектуальный инжиниринг**, к которому прибегла компания ЛАНИТ, интегратор проекта.

В преимуществах работы по-новому, конструкторы и технологи “Силовых машин” убедились сами на примерах реального проектирования турбин по технологии электронного макета и ведения технологической подготовки производства (ТПП) по 3D-моделям. Обычно интеграторы проводят обучение в виде типовых



“Силовые машины”, Санкт-Петербург

курсов и не подготавливают специальные примеры, не нарабатывают новую для себя компетенцию, ибо процесс этот весьма трудоемок и сложен. Напротив, компания ЛАНИТ продемонстрировала исключительную внимательность к заказчику и упорство в достижении целей. Представление о проектировании в контексте сборки и устойчивые навыки работы с БКС (базовая контрольная структура) и ЛКС (личная контрольная структура), управления ассоциативностью, проведения изменений и т.д., поддерживаемые PLM-технологиями и решениями от Siemens, специалисты ЛАНИТ стали формировать на знакомых для разработчиков конструкциях турбин. Об остальном участники проекта расскажут сами.

Со стороны “Силовых машин” в беседе принимали участие:

- Владимир Александрович Пуляев, директор по ИТ;
- Вадим Евгеньевич Кузин, руководитель проекта;
- Сергей Алексеевич Иванов, главный конструктор СКБ “Турбина”;
- Андрей Алексеевич Филиппов, начальник отдела в СКБ “Турбина”;

- Анатолий Александрович Колесников, главный конструктор СКБ “Гидротурбобаш”;
- Михаил Иванович Тюхтяев, начальник Технического управления ЛМЗ.

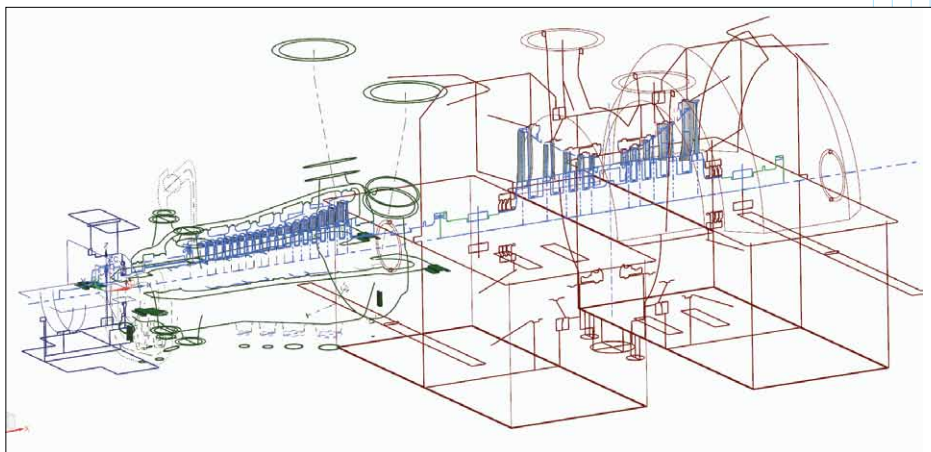
Компанию ЛАНИТ представлял Александр Вячеславович Романов, руководитель проекта.

### Генезис проекта, главные побудительные причины и мотивы

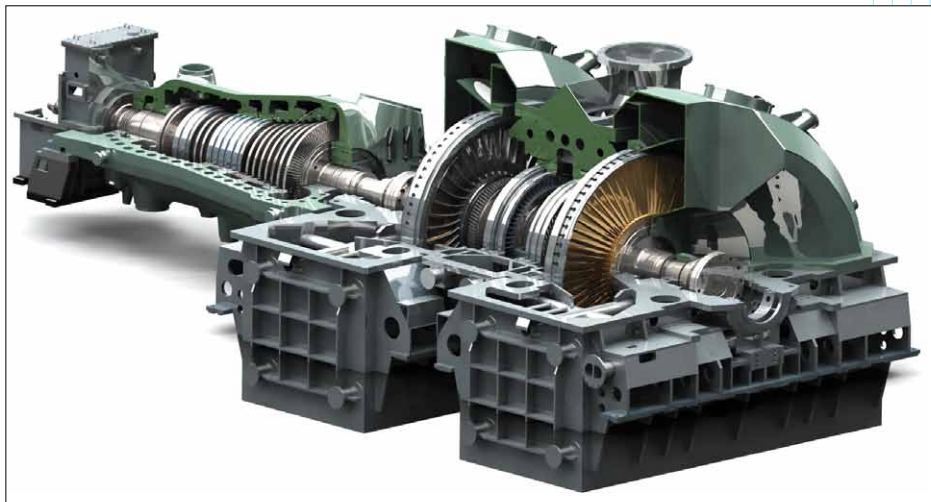
*– Насколько современны предприятия, входящие в группу “Силовые машины”, с точки зрения научно-технического уровня выпускаемой продукции? Можно ли назвать передовыми организацию проектирования и подготовки производства, используемые технологии – в том числе ИТ? Как соотносится уровень вашей продукции и технологий со средним уровнем конкурентов на Западе и Востоке? Понятно, что вопрос широкий и достоин целой научно-технической конференции, но всё же попытайтесь набросать картину, как говорится, крупными мазками...*

**– Пуляев В.А.:** Группа компаний “Силовые машины” была образована в 2000 году. До этого “Ленинградский металлический завод”, “Электросила”, “Комплекс турбинных лопаток”, находящиеся на территории Санкт-Петербурга, и другие активы “Силовых машин” были самостоятельными предприятиями. С точки зрения современности производства, технологий и производимой продукции принято считать, что наши предприятия находятся на достаточно хорошем уровне. Сфера ИТ в мире на протяжении последних 20 лет развивались очень интенсивно, и мы старались всегда быть в курсе последних веяний.

CAD/CAM/CAE/PDM-решениями компании Siemens PLM Software, о внедрении которых мы сегодня беседуем, мы заинтересовались еще в 1997 году. Тогда первые приобретенные нами лицензии назывались Unigraphics и iMan (теперь это NX и Teamcenter). Однако широкого и глубокого освоения возможностей этих решений на наших площадках не было. Интенсивно применять их мы стали только с 2011 года.



*Базовая контрольная структура паровой турбины К-100-90*



*Электронный макет паровой турбины К-100-90*



– **Филиппов А.А.:** История предприятий, о которых идет речь, начинается с конца XIX века. В этом году **ЛМЗ исполнилось 160 лет**, а в прошлом году **СКБ “Турбина”** – конструкторское бюро паровых турбин ЛМЗ – **отмечало свое 110-летие**. За этот период сложились свои традиции производства, десятилетиями отработывался механизм взаимодействия конструкторов и технологов. Смена сложившихся традиций, обусловленная начатым проектом внедрения *PLM*, – важный шаг на пути развития.

Продукция группы компаний “Силовые машины” разнообразна. Мы выпускаем не только паровые и гидротурбины, но и электрооборудование, генераторы и трансформаторы. По каждому направлению достигнут свой уровень развития. Мы входим в число ведущих мировых производителей энергомашиностроительного оборудования, конкурируя за лидирующие позиции с *General Electric* и *Siemens*. **“Силовые машины” являются законодателем моды и бесспорным мировым лидером по направлению быстрходных атомных турбин.**

– *Расскажите о побудительных причинах для появления на предприятиях и в подразделениях “Силовых машин” новых, весьма сложных PLM-технологий? Наверняка главная задача заключается не только и не столько в автоматизации существующих процессов проектирования и подготовки производства, а в изменении самой парадигмы, системы представлений о том, как должно создаваться и производиться ваше новое оборудование, чтобы оставаться конкурентоспособным и удовлетворять требованиям заказчиков...*

– **Пуляев В.А.:** Применение новых технологий, вне всяких сомнений, позволяет интенсифицировать труд и производить более качественный продукт – и электронный макет изделия, как результат разработки конструкторских и технологических служб, и само изделие “в железе”. Мы осознавали, что наличие документации в электронном виде позволит нам при создании новых изделий переработать её за более короткий период времени, сократив тем самым общий цикл изготовления новой продукции. Хорошо организованная *PDM*-система позволит нам передавать актуальную информацию об изделии далее по цепочке в корпоративную систему управления предприятием – *SAP ERP*.

Для себя мы решили, что если сейчас не начнем заниматься освоением новых технологий, то в скором будущем рискуем упустить тот момент, когда по *PLM*-технологии будут работать на рынке наши конкуренты. За этими технологиями – будущее.

– **Иванов С.А.:** Хочу отметить, что **“Силовые машины” являются лидером в мире именно по турбиностроению для атомных станций.**

За долгие годы работы мы использовали много различных САПР. В свое время стояли на развилке перед выбором, на какой системе стандартизоваться: *SOLIDWORKS* или *Unigraphics (NX)*.



**Андрей Филиппов** – начальник конструкторского отдела технического уровня турбоустановок в СКБ “Турбина” (ПАО “Силовые машины”).

Профессиональный путь начал в 1977 году на Ленинградском Металлическом заводе учеником слесаря механосборочных работ. В 1983 году закончил Санкт-Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ) по специальности “Турбостроение”. В 2002 году, во время вхождения ЛМЗ в состав компании “Силовые машины”, возглавлял сектор СКБ “Турбина”.

Опыт подсказал, что из-за очень большой специализации КБ по турбинному и теплообменному оборудованию, нам необходимо использовать одну САПР, причем высокого уровня. **С внедрением Teamcenter и выбором NX в качестве базовой САПР, мы стремимся прийти к унификации применяемых систем по 50-ти направлениям нашей деятельности.** Все дальнейшие разработки мы будем вести исключительно в *NX* и *Teamcenter*. Я считаю это очень серьезным и правильным шагом. Безусловно, еще какое-то время мы продолжим параллельно применять и собственные программные разработки, но, по мере передачи ранее накопленных данных в *Teamcenter*, от этих средств откажемся.

– *Попытки найти решение сложной задачи автоматизации КТПП в КБ, конструкторских отделах, технических управлениях и на производственных площадках предприятий, входящих в ПАО “Силовые машины”, продолжают уже лет семь или даже больше. С кем из вендоров САПР/PLM или их партнеров-интеграторов вы уже имели дело? Чего достигли, что не устраивало? В чём заключается причина неудач: в недостатках ПО или в предлагавшихся подходах к автоматизации, не посягающих на смену существующей парадигмы проектирования? Или же всё дело в недостаточной квалификации вендоров, предлагавших сотрудничество?*



**Сергей Иванов** – главный конструктор паровых турбин, начальник специального конструкторского бюро “Турбина” (ПАО “Силовые машины”). Отвечает за разработку и проектирование паровых турбин средней и большой мощности для тепловых и атомных электростанций, а также теплообменного и вспомогательного оборудования турбоустановки.

Профессиональный путь начал в 1987 году на Ленинградском Металлическом заводе учеником оператора ЭВМ. В 1993 году с отличием окончил Санкт-Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ) по специальности “Турбостроение” и поступил на работу в СКБ “Турбина” в отдел расчетов. В 2002 году, при вхождении ЛМЗ в состав компании “Силовые машины”, возглавлял сектор тепловых расчетов, а с 2003 по 2016 гг. – отдел расчетов СКБ “Турбина”.

– **Пуляев В.А.:** Другие вендоры CAD/PLM-систем так и не смогли предложить комплексное решение, отвечающее нашим задачам. Поэтому мы эволюционно пришли к пониманию того, что опробованная нами платформа NX/Teamcenter нам подходит и должна внедряться на всех производственных площадках. Как уже упоминалось,

мы постарались свести количество разных CAD-систем в КБ до минимума, но параллельное использование даже двух систем всё равно породило массу проблем. Так что сомнений в необходимости стандартизации на одной платформе больше не осталось, и наш новый проект начался именно с таких позиций.

На данном этапе в проекте внедрения участвуют пять КБ, каждое из которых проектирует продукцию своего типа. Внутри КБ – своя структура подготовки КД и проектирования, свой набор инструментов, сложившийся уклад работы. Это обуславливало сложность начатого проекта.

В ходе реализации проекта мы стремимся унифицировать процессы конструкторской подготовки производства для всех наших КБ и намерены реализовать новый взгляд на эти процессы. Трудно в пути, но мы уверенно продвигаемся вперед.

– **Колесников А.А.:** По мере освоения рынка конкурентная борьба заставляет производителей искать новые пути для решения задач загрузки производства и поставки современной продукции высокого качества. **Внедрение подходов и методологии PLM позволит расширить наши компетенции и “географию” заказчиков.**

С учетом вышесказанного возникла необходимость в системе, которая отражает и предоставляет актуальную информацию об изделии всем тем, кто участвует в его создании и производстве – вне зависимости от местоположения и часового пояса. В этом смысле интерес для нас представляли исключительно внедренцы PLM, имеющие практический опыт такой работы в РФ.

– *Объявлялся ли тендер на проект или же проводился какой-то опрос поставщиков ПО? Кто из вендоров и интеграторов участвовал в этом?*

– **Пуляев В.А.:** Поскольку мы пришли к пониманию того, что будущую систему необходимо строить на основе связки NX и Teamcenter, то и пригласили представителей тех компаний, которые потенциально могли обеспечить комплексную реализацию проекта – как конструкторской



*Обработка ротора паровой турбины*



*Сборка паровой турбины для АЭС*



составляющей, так и технологической. По совокупности объективных критериев подход компании ЛАНИТ нам импонировал больше всего. У них была бесспорно лучше, чем у конкурентов, представлена часть, связанная с постановкой процессов 3D-проектирования. Для нас это стало решающим преимуществом.

*– Ознакомились ли руководители и специалисты “Силовых машин” с опытом автоматизации КТПП на других предприятиях? Что было взято на заметку, и к каким выводам относительно возможности успеха на “СМ” вы пришли?*

– **Филиппов А.А.:** Чуть менее двух лет назад я познакомился с **Сергеем Львовичем Марьиным**, руководителем Департамента PLM компании ЛАНИТ. Он приехал в наше СКБ “Турбина” с демонстрацией, и с этого времени началось обсуждение PLM-проекта. Этот человек потрясает своей преданностью делу, которое он ведет; он живет PLM’ом, и не заразиться от него желанием внедрять PLM было, наверное, невозможно. Он увлек за собою всех нас благодаря своей внутренней энергии и креативности. Разумеется, наш первый вопрос к нему был о том, где уже работает такой PLM.

В начале 2016 года Сергей Львович пригласил нас на МВЗ им. Миля. На этой площадке мы воочию убедились в том, что его словам есть подтверждение. Из той поездки мне больше всего запомнилась встреча с **Михаилом Захаровичем Короткевичем**, исполнительным директором. Его первые слова прозвучали так: “Ребята, я вам не завидую”. Хорошо, что ко времени начала внедрения на “Силовых машинах”, специалисты ЛАНИТ уже имели очень большой опыт и могли превосходить и сглаживать многие острые углы.

Мы увидели, что система 3D-проектирования вытесняет 2D, что NX востребован у потребителей. Нам было позволено пройти на производство, пообщаться с рабочими и посмотреть, как они работают и действительно ли применяют электронную документацию. Потребители продукции МВЗ им. Миля и смежные организации довольны и им достаточно той электронной документации, которая поставляется с изделиями МВЗ. Это развеяло наши опасения, что заказчику наших изделий не будет хватать информации об изделии в электронном виде, и послужило реальным доказательством жизнеспособности концепции и подходов ЛАНИТ.

– **Кузин В.Е.:** Примечательно, что первоначальный план проекта внедрения заключался в том, чтобы автоматизировать только технологическую подготовку производства, а конструкторскую не трогать. Но в марте прошлого года, выслушав все позиции за и против, руководители “Силовых машин” поддержали идею реализации проекта в полном масштабе, включая КПП и ТПП.



**Анатолий Колесников** – главный конструктор гидротурбин ПАО “Силовые машины”. В проекте внедрения PLM является заместителем председателя управляющего комитета.

В 1993 году окончил с отличием Санкт-Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ) и с этого момента работает в компании “Силовые машины”. Является экспертом в области конструкторской подготовки производства на крупном машиностроительном предприятии, имеет почетное звание “Заслуженный энергетик СНГ”.

На протяжении всей трудовой деятельности активно участвовал в мероприятиях, направленных на автоматизацию процессов проектирования. Занимался проектированием основных узлов гидротурбинного оборудования российских и зарубежных ГЭС с помощью автоматизированных систем, принимал участие в авторском надзоре за монтажом и модернизацией агрегатов во Вьетнаме, Чили, Финляндии. Непосредственно участвовал в разработке, испытаниях и вводе в эксплуатацию питательного насоса для блока ТЭС 300 МВт. До вступления в должность главного конструктора возглавлял подразделение СКБ “Гидротурбомаш”, занимавшегося проектированием предтурбинных затворов для гидроагрегатов ГЭС.

*– Потребовалась ли защита проекта у владельца компании? Если да, то какие параметры проекта его интересовали в наибольшей степени? И как обстоит дело с финансированием ваших идей?*

– **Кузин В.Е.:** Да, мы защищали проект. В компании есть требования к срокам окупаемости проектов. В нашем случае основные затраты по проекту идут в начальной его фазе, а эффект достигается только через три года. Положительный эффект от внедрения снижается большими затратами и другими экономическими факторами – ставка дисконтирования, например, в России достаточно высока. Поэтому, оценив опыт внедрения PLM-решений у наших зарубежных



**Вадим Кузин** – руководитель проекта, ПАО “Силловые машины”.

Окончил с отличием МГТУ имени Н.Э. Баумана в 1996 году; в 2002-м прошел обучение по президентской программе подготовки управленческих кадров в Академии народного хозяйства при Правительстве РФ.

В период 1994–2013 гг. занимал должность заместителя генерального директора по ИТ в ЗАО “Мосфлорлайн”. В 2013–2015 гг. – начальник отдела комплексной автоматизации в ОАО “НПК “Уралвагонзавод”, в 2015–2016 гг. – директор “Темотест” по автоматизации бизнес-процессов. С 2016 года работает руководителем проектов в ПАО “Силловые машины”.

коллег и наши реальные возможности, проанализировав все возможные источники экономического эффекта, **мы пришли к тому, что 30%-е сокращение сроков подготовки производства даст нам ощутимый эффект и позволит оккупить проект достаточно быстро.** Наша аргументация и расчеты были приняты и поддержаны, а предложенная оценка эффективности проекта стала его целью и измеряемым параметром. Нам

нельзя забывать, что мы – коммерческое предприятие.

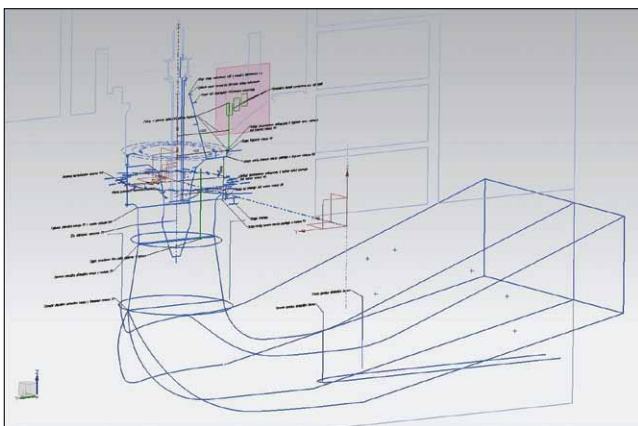
*– На чём конкретно строилось технико-экономическое обоснование проекта внедрения NX/Teamcenter и электронной модели изделия?*

– **Пуляев В.А.:** Основными нашими реперными точками были:

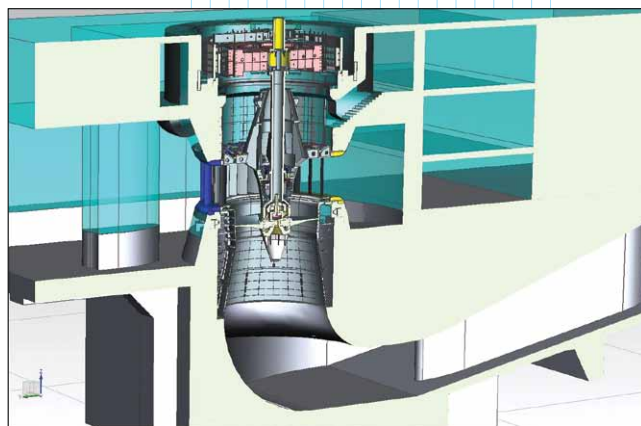
- быстрая окупаемость проекта – за два года, после уверенного освоения технологий проектирования в 3D и взаимодействия всех служб в среде Teamcenter;
- рост производительности труда конструкторов и технологов;
- гарантированное 30%-е сокращение сроков на конструкторско-технологическую подготовку производства;
- возможность выполнять имеющимися силами больше проектов в те же сроки.

Конечно, некоторые утверждения пока не подтверждены практикой, но мы пристально и настойчиво изучаем эффекты от внедрения новых цифровых технологий. Как показывает практика, в первое время трудоемкость работ увеличивается, но затем резко уменьшается, что позволяет достичь желаемого экономического эффекта.

**Принимая во внимание неудачный опыт предыдущих проектов в этом направлении, многие на предприятии сомневались в успехе нового, поэтому мы провели большую внутреннюю работу по его обоснованию.** Нам пришлось поменять идеологию подхода, более умно и здраво обозначить цели проекта и сфокусироваться на их достижении. Это стало возможно после качественного изучения инструментов, правильного выстраивания процессов и правильного позиционирования каждого исполнителя в этом процессе. Необходимость сократить сроки на 30% была донесена до каждого исполнителя, поэтому при принятии решений – двигаться или нет в определенном направлении – всегда учитывается обязательное условие: будет ли это способствовать 30%-му сокращению. Мы проделали большую пропагандистскую работу на всех уровнях.



*Базовая контрольная структура комплекса энергетического оборудования ГЭС “Ла Фронтера” (Чили)*



*Электронный макет комплекса энергетического оборудования ГЭС “Ла Фронтера” (Чили)*

## Статус, масштаб и контуры проекта

– ПАО “Силовые машины” – это консолидированная группа известных предприятий электро- и энергомашиностроения, а также ряд филиалов, дочерних, зависимых компаний и совместных предприятий. О реализации проекта на какой именно площадке мы сейчас говорим?

– **Пуляев В.А.:** Текущий проект стартовал на площадках ПАО “Силовые машины”, которые расположены в Санкт-Петербурге и области: это ЛМЗ и “Электросила”. В проект вовлечены пять КБ: СКБ Турбина, СКБ Гидротурбомаш, КБ гидрогенераторов, КБ турбогенераторов и КБ электрических машин. Кроме этого задействованы технические управления (ТУ), которые отвечают за технологическую подготовку производства – ТУ ЛМЗ и ТУ “Электросилы”. По результатам проекта должны быть обучены и охвачены более 500 человек. Со стороны производства будут задействованы все производственные мощности, расположенные в Петербурге и окрестностях.

Хоть мы сегодня говорим о проекте на питерской площадке “СМ”, очень важно упомянуть о том, что **мы готовимся тиражировать его на площадки наших предприятий в других городах – “Калужский турбинный завод” и таганрогский “Красный котельщик”.**

– *То есть, еще не завершив пилотный проект на своей площадке, вы уже готовы тиражировать его... И чьими силами будут вестись эти внедрения?*

– **Пуляев В.А.:** Такое оперативное решение связано с интересами нашего руководства, чтобы все предприятия группы компаний были на соответствующем уровне. Поскольку у нас уже есть хороший результат в отношении КПП, то можно начинать достигать его и в Таганроге. Пока у них будет вестись автоматизация КПП, мы закончим у себя с ТПП, и сразу сможем тиражировать это далее, в Таганроге и Калуге.

Проект внедрения на наших удаленных площадках будут вести те же специалисты ЛАНИТ, которые работали у нас. И, что очень важно, **мы создали и открыли у себя на площадке единую базу данных Teamcenter, к которой будут подключаться другие площадки, с центром управления здесь, на ЛМЗ.** У нас уже имеется опыт работы по такому же принципу в SAP ERP. База этой системы развернута у нас, изменения происходят здесь и дублируются на удаленные площадки. Такую систему существенно проще администрировать и управлять ею. Она заставляет людей согласовывать между собой свои пожелания – если что-то делается, то для всех.

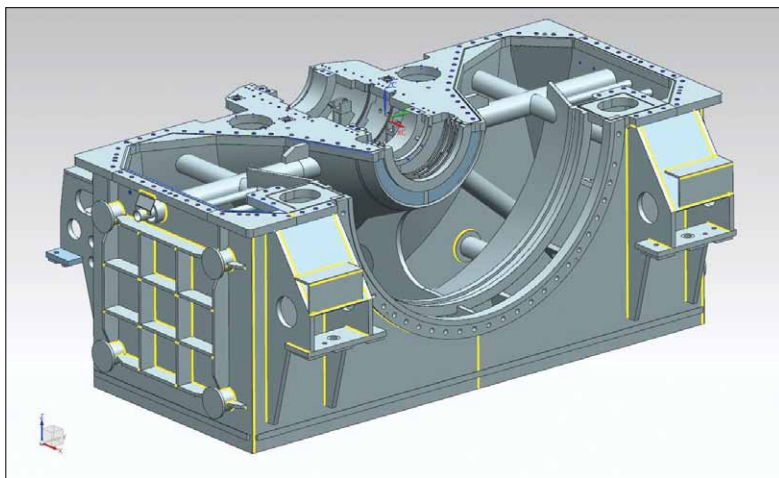
– *К какой категории можно отнести ваш проект – экспериментальный, пилотный, коммерческий, смешанный? Возможно, это несколько параллельных проектов для отработки подходов, демонстрации другой организации труда, другой технологической оснащенности этого труда и, конечно, эффективности решений Siemens?*

– **Кузин В.Е.:** Проект подразумевает, что все КБ и ТУ, расположенные в очерченном периметре, перейдут на технологию *электронного макета*. Конфигурация нашего проекта включает две основные фазы: пилотную и промышленную эксплуатацию системы. Очевидно, что обучить сразу всех и внедрить всё – невозможно. Поэтому в каждом подразделении была выделена определенная группа специалистов, которой ставилась задача проектирования упрощенного изделия – для того, чтобы освоить полученные знания.

Обучение занимает примерно месяц, освоение – пять-шесть месяцев. Процесс обучения, который был применен в нашем проекте, очень затратный, неблагодарный и рискованный. Если бы принятые на работу сотрудники прошли соответствующую подготовку в вузе, получив там навыки применения цифровых технологий, то период их освоения на предприятии занимал бы существенно меньше времени.

Подразделений вовлечено много, и ситуация в них отличается: некоторые уже выполнили задачи, поставленные в рамках пилотного проекта, и готовятся к промышленному использованию системы, другие – только подходят к этому. Но в итоге мы должны прийти к 100%-й готовности инженерных подразделений и производства к использованию документации в цифровом виде, которая и является оригиналом и первичным источником.

– *На какие сроки вы рассчитывали при запуске проекта? Чем и когда он должен завершиться?*



*Электронный макет сварной конструкции цилиндра низкого давления*



**С.Л. Марьин, директор департамента PLM компании ЛАНИТ:**

В начале 2016 года нас пригласили в ПАО “Силовые машины” для изучения возможности внедрения цифровой технологической подготовки производства (ТПП). К этому моменту на предприятии уже шесть лет использовали программные продукты *Siemens NX* и *Teamcenter*, а также различное другое ПО. Проведя экспресс-исследование, мы пришли к выводу, что функционирование *PLM* на предприятии необходимо переосмыслить комплексно – с самого начала, с этапа проектирования, так как процессы проектирования, на наш взгляд, были ещё далеки от оптимальности. Наибольший эффект дает оптимизация всего жизненного цикла целиком, а не отдельных звеньев. В частности, для проектирования важно, чтобы оно велось в контексте разрабатываемого изделия целиком. Когда все участники видят работу друг друга, то каждый конструктивный элемент становится увязанным с остальными уже в момент создания, и на выходе получался полный электронный макет изделия, являющийся подлинником конструкторской документации (КД) с возможностью автоматизированного проведения управляемых конструкторами изменений. В свою очередь, ведение ТПП по электронным моделям открывает возможности радикального повышения эффективности этой подготовки и сокращения брака и



доработок в процессе производства. Подлинник КД в виде полного электронного макета позволяет организовать поддержку в эксплуатации на принципиально ином уровне.

Руководство предприятия приняло нашу концепцию комплексного подхода к внедрению – несмотря на риски, связанные с предстоящей революцией в процессах и умах. Более того, все главные технические специалисты (генеральный конструктор, главные конструкторы, главный технолог) не просто приняли активное участие во внедрении, а взяли на себя техническую и организационную ответственность в своих подразделениях.

Например, главный конструктор гидротурбин А.А. Колесников – ключевой человек в проекте, через которого решаются самые сложные проблемы. Крайне важную и конструктивную роль играет руководитель проекта В.Е. Кузин, который самоотверженно решает массу самых разных вопросов по проекту. Колоссальную поддержку хода проекта осуществляет В.А. Пуляев, зам. генерального директора по ИТ.

Все эти факторы способствовали тому, что проект, который влечет за собой глобальные изменения для предприятий ПАО “Силовые машины”, развивался достаточно быстро. Сегодня уже получены реальные результаты, и у коллектива сформировалась уверенность в правильности пути.

– **Пуляев В.А.:** Старт проекта и процесса обучения состоялся 11 июля 2016 года. В сентябре 2016-го, после первого курса обучения, в рамках проекта началось выполнение пилотных работ. **К маю 2018 года все вовлеченные в проект сотрудники должны будут работать по-новому в рамках промышленной эксплуатации системы.** На текущий момент мы движемся точно по графику с небольшим резервом по времени. Из 500 заявленных сотрудников технических служб уже обучены 120.

– *Почему вы, как руководители, решились на столь масштабный эксперимент – одновременно выполняемые пилотные проекты по основным группам изделий и процессов? Не проще ли было показать свою компетенцию, правильность подходов и эффективность решений в условиях одного КБ, одного ТУ, одной производственной площадки и однотипных изделий?*

– **Кузин В.Е.:** Внедрить *PLM* только на одной нашей площадке – в ТУ и КБ – не получилось бы по нескольким причинам. Во-первых, невозможно полноценно перейти на работу по технологии электронного макета на предприятии, тесно связанном с

другими предприятиями нашей группы компаний, расположенными в Санкт-Петербурге и области. Во-вторых, наши конкуренты активно развиваются и двигаются вперед. Они конкурируют за контракты и с нами, и друг с другом. За счет внедрения цифровых технологий сокращается цикл проектирования и стоимость жизненного цикла продукта, что становится важным конкурентным преимуществом.

– **Романов А.В.:** Я бы дополнил так. Фактор времени – это лишь один аспект. Есть еще и внутренний аспект. Успехи одного КБ в деле перехода на электронный макет изделия не являются примером для четырех других КБ. Процесс проектирования гидротурбин совсем не похож на процесс проектирования паровых турбин. Поэтому в противном случае получились бы пять отдельных проектов с циклом реализации в пять-шесть лет, и было бы совсем поздно это делать. Взвесив все “за” и “против” и убедившись в том, что у всех КБ разные подходы к проектированию, мы приняли решение стартовать проект параллельно во всех КБ очень большими силами. Это было рискованно, но оказалось оправданным.



## Особенности и основное содержание проекта

– На какой стадии выполнения сегодня находится пилотный проект по разным КБ, КО и ТУ?

– **Кузин В.Е.:** Как уже упоминалось, некоторые КБ завершили работы в рамках “пилота”, другие – находятся на финальной стадии. В технических управлениях технологи в данный момент осваивают работу по 3D-моделям, которые приходят от конструкторов вместо чертежей для проектирования ТПП, выстраиваются соответствующие процессы. Эта работа продвигается сложно, так как позаимствовать опыт других предприятий, с учетом нашей специфики, практически невозможно. Нет и своих готовых специалистов, которые понимают, как это должно быть правильно сделано, поэтому при принятии решений мы полагаемся во многом на мнение и опыт специалистов ЛАНИТ.

– **Колесников А.А.:** Я позволю себе дополнить. Первичные положительные результаты от внедрения уже есть. **Получены подтверждения правильности подхода, выработанного и принятого год назад.** Общими усилиями созданы электронные макеты изделий в соответствии с теми подходами, которые обсуждались с компанией ЛАНИТ.

Надо отдать должное коллегам из ЛАНИТ и в том, что они подписались сделать крайне простое дело. У них был опыт внедрения PLM-решений на предприятиях среднего размера, но на предприятиях такого масштаба, как “Силловые машины”, когда задействованы ряд площадок и пять КБ, когда нужно совмещать работу в пилотном проекте с выполнением товарных заказов – такого еще не было. Как мне кажется, в этом проекте рискнули обе стороны: и заказчик, и его исполнитель. В компании ЛАНИТ у руля Департамента PLM стоит руководитель, который не только зарабатывает деньги, но и болеет за успех проекта, за развитие компании-заказчика и российской промышленности в целом. Вместе с ЛАНИТ половину пути мы уже прошли – осталась вторая, более сложная. Но уверенность в положительном исходе процесса сотрудничества возрастает с каждым днем.

– *Как встретили надвигающуюся революцию в проектировании коллективы конструкторов, в особенности матерые специалисты? Насколько велико было сопротивление, и как вы его преодолевали – убеждением, поощрениями, принуждением? При таком масштабе работ найти в короткий срок сторонников апробирования новых подходов, технологий и инструментов – задача архисложная. Расскажите, пожалуйста, как шла эта работа, и как вы с этим справились...*

– **Колесников А.А.:** Когда проект был только в стадии обсуждения с компанией ЛАНИТ, мы уже понимали, что предлагаемое нами действительно будет революцией. И если к ней не будут готовы



**Александр Романов** – руководитель проекта, ЗАО “ЛАНИТ”.

Окончил МГТУ им. Баумана, кафедра “Системы автоматизированного проектирования”.

В компании ЛАНИТ работает с 2009 года. С 2011 года – руководитель проектов внедрения на МВЗ им. Миля. Также руководил проектом в структуре “Уралвагонзавода” и проектами по разработке эксплуатационной документации и интерактивных сборочных техпроцессов в “ОДК-ПМ”.

обе стороны, то результата мы не добьемся. Да, преодолевать сопротивление было тяжело, поскольку мы предложили конструкторам во многом совершенно другой подход к работе, новую парадигму проектирования. Всё новое встречается, в лучшем случае, с инертностью и настороженно. Молодое поколение наши эксперименты воспринимало на ура, но у них не было серьезного опыта работы. А вот специалисты старшего возраста поддавались на это менее охотно.

Наша задача заключалась в том, чтобы совместить накопленный опыт с новыми возможностями внедряемых цифровых технологий. В первую очередь, нужно было переопределить и назначить степень участия каждого специалиста в процессе проектирования. Люди старшего поколения с большим опытом перешли на позиции экспертов-наставников, дав возможность молодому поколению возможность показать, на что они, вооруженные современными инструментами проектирования, способны. Роль руководителей среднего звена в этом процессе стала еще более актуальной. Если руководитель не выказывал явной заинтересованности в проекте, то и подчиненные расслаблялись. Как мне кажется, нам удалось это преодолеть и получить жизнеспособный сплав молодости и знаний. **В дальнейшем от наших руководителей потребуются частично перестроить схему взаимодействия внутри и вне их подразделений, поскольку в результате внедрения PLM она неизбежно меняется.**

– Какой объем начального обучения потребовался для того, чтобы конструкторы и технологи смогли приступить, под руководством опытных специалистов ЛАНИТ, к выполнению пилотных проектов по видам изделий?

– Романов А.В.: Для прохождения начального обучения группы специалистов формировались по-разному – где-то только из рядовых сотрудников, где-то только из руководителей. При выработке стратегии обучения наша компания ЛАНИТ использовала уникальный для себя подход. Для каждого из пяти КБ, участвующих в проекте, специалисты ЛАНИТ разработали свой учебный курс – с использованием примеров именно того вида изделия, которое проектирует КБ.

По опыту других наших проектов внедрения мы знали, что цикл “погружения” сотрудников предприятия – от момента начала обучения до начала первой самостоятельной работы – составляет три-пять месяцев. Однако здесь всё проходило существенно быстрее: полтора-два месяца. Еще до старта обучения наши сотрудники много сил и времени посвятили изучению процессов проектирования изделий в КБ заказчика, чтобы на этапе обучения уже иметь багаж и четкое понимание, как работает КБ. Например, для КБ Паровых турбин мы выбрали сценарий проектирования узла по их профильной тематике – цилиндра низкого давления. Что это дало в результате? Сотрудники, вернувшись с обучения, сразу приступили к работе. Разрыва между обучением и применением полученных знаний и навыков в процессе конструирования реальных изделий практически не было.

Этот спецподход к обучению сыграл одну из ключевых ролей в быстром старте проекта. Таких целей, как в этом проекте (в том числе и по времени), нам прежде достигать не удавалось. Примененный подход к обучению мы считаем очень эффективным и планируем применять на других площадках. Курс обучения с примерами, после небольших корректировок, остается в арсенале и будет использован для обучения последующих групп и новых специалистов “Силовых машин”. Отдельно хотел бы отметить группу ключевых специалистов из начальников секторов КБ Паровых турбин. Нас очень порадовала их способность и готовность освоить работу по-новому – в других

проектах внедрения такого мы обычно не наблюдаем.

– Колесников А.А.: Я бы отметил, что в процессе обучения обучались обе стороны: мы учились использовать инструменты NX и Teamcenter, а специалисты ЛАНИТ учились у нас проектированию узлов турбины. Компания ЛАНИТ продемонстрировала большую гибкость и клиентоориентированность. Я согласен, что ей пришлось приложить больше сил и времени на начальных этапах проекта, но благодаря этому будет получен более качественный результат в короткие сроки. Специалисты пилотной группы, прошедших обучение, мы планируем использовать далее для последующего обучения персонала, интенсифицировав его за счет привлечения их к обучению. Как вы знаете, у нас это уже вторая попытка внедрения Teamcenter. Если в первый раз систему Teamcenter настраивали под существующий уклад предприятия, то сейчас Teamcenter превалирует и устанавливает правила работы, заранее согласованные нами.

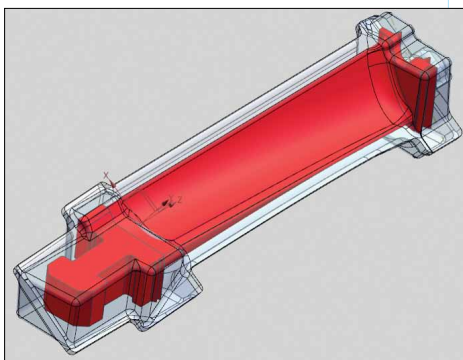
– Задача пилотных проектов состоит не в том, чтобы воссоздать или заново построить фрагмент турбины, а в том, чтобы конструкторы, расчетчики и технологи могли убедиться в

эффективности новых PLM-решений Siemens, воспринять методически правильную, опробованную на практике технологию электронного макета и поверить в свои силы, осознать легкость проведения изменений, отсутствие мучительного этапа общей сборки и прочие удивительные возможности. Как у вас сформулированы критерии, по которым сдается, оценивается и принимается проект, в котором самой важное – новые знания, опыт работы по-новому?

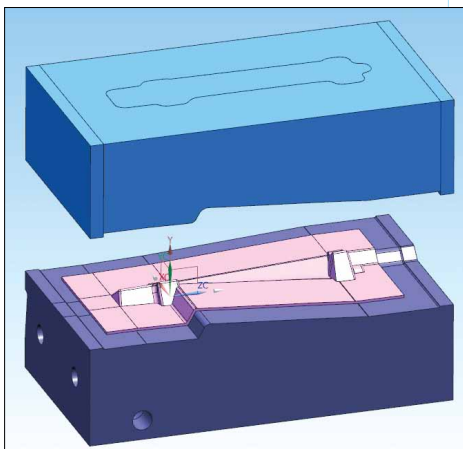
– Романов А.В.: Всё верно, основная задача пилотных проектов – на практике ощутить возможности повышения эффективности проектирования изделий и получить уверенность в способности реализации коммерческих проектов в дальнейшем.

По паротурбинной тематике были выбраны турбина К-100 и генератор, в той или иной стадии разработанные ранее. Для гидротурбинной тематики – основные узлы гидроагрегата и гидрогенератор ГЭС “Ла Фронтера”.

Один из основных рисков подобных пилотных проектов – бездумная “оцифровка” для получения электронного макета по



Ассоциативная модель штампованной заготовки на основе модели лопатки



Ассоциативная модель штампа на основе заготовки лопатки



готовым чертежам. Другая крайность – выбрать совершенно новое изделие и невольно сместить акцент проекта в сторону решения сугубо конструкторских вопросов. Поэтому очень важным является непрерывный анализ результатов рабочей группы на предмет эффективности и целесообразности выбранных подходов к проектированию.

Критерии приемки проектов: продемонстрированные возможности автоматизации проектирования, распараллеливания работ, унификации узлов, отсутствие коллизий на этапе общей сборки турбин. Ну и, конечно, возможности оперативного проведения изменений.

Приемка ведется путем непрерывных совещаний рабочей группы, ведущих специалистов КБ и главного конструктора с демонстрацией текущих результатов проектирования и подтверждения критериев на примерах пилотного проекта. Также очень важны непрерывные эксперименты в ходе пилотного проекта. К примеру, посреди проекта удалить одну из ступеней цилиндра высокого давления паровой турбины, либо изменить общие габариты гидротурбины. Если БКС и электронный макет окажутся податливыми к подобным критичным изменениям, а конструкторам удается провести их автоматизированным способом – это отличный показатель правильности выбранных подходов.

*– И всё же, наверное, было бы наивностью рассчитывать, что в результате даже двухступенчатого массового обучения конструкторов и технологов азам технологии электронного макета, аттестации и вручения именных сертификатов, в КБ и отделах немедленно воцарится новая парадигма. Полное освоение новых технологий всё равно займет время и потребует усилий – как со стороны “Силовых машин”, так и со стороны ЛАНИТ...*

– **Кузин В.Е.:** К сожалению, из-за серьезного усложнения технологий, которые используются в энергетическом машиностроении, простого обучения работе с программным продуктом уже недостаточно. Это только начало – входная дверь для того, чтобы специалисты начали серьезно осваивать принцип работы по технологии электронного макета. Такое освоение занимает гораздо больше времени. Критическая ошибка интеграторов – когда они считают, что после обучающих курсов сотрудники заводов и КБ всему научатся и начнут на своих местах работать по-новому, отказавшись от 2D. Это категорически не так! В начале 2000-х годов часто практиковалась простая выдача лицензий покупателю. Интеграторы, за редким исключением, не понимают всех необходимых затрат и усилий с их стороны для того, чтобы ПО было действительно освоено и применялось в работе. Но без масштабных затрат на обучение и освоение – и со стороны интегратора, и со стороны заводов – внедрения просто не будет.

– **Романов А.В.:** Действительно, получив новые навыки и инструменты, конструкторы первое

время часто пытаются в новой системе повторить существующие подходы к проектированию, что только увеличивает трудоемкость.

**Один из самых сложных этапов – проектирование базовой контрольной структуры изделия.** Поскольку данная информация всегда должна быть актуальной, непротиворечивой, минимальной и одновременно достаточной для распараллеливания работ участников проекта, то без преувеличения можно сказать, что приходится уделять много внимания каждой добавляемой в БКС линии. После разработки и согласования базовой информации важно подумать об эффективности построения 3D-моделей на её основе, об изначальной ассоциативной увязке с другими компонентами.

На практике в каждом КБ освоение такого подхода занимает от четырех до восьми месяцев – с непрерывным сопровождением и технической поддержкой конструкторов специалистами интегратора при реализации пилотных проектов.

*– Удалось ли руководству “СМ” и команде ЛАНИТ за время обучения специалистов и выполнения ими пилотных проектов ослабить сопротивление со стороны руководителей среднего звена и рядовых специалистов введению технологии электронного макета?*

– **Романов А.В.:** Этот проект мы, сотрудники компании ЛАНИТ, называем не “айтишным”, а инженерным. От нашей компании над ним трудится много высококлассных специалистов с навыками конструкторско-технологической подготовки производства. Если в процессе мы наталкиваемся на сопротивление, то наши специалисты самостоятельно решают инженерную задачу и демонстрируют результаты, а затем совместно обсуждают подходы к решению. В нашем случае коллективная работа над сложными инженерными задачами в итоге



*Схема строповки сборки диафрагмы в промежуточном состоянии*

приводит к изменению позиции руководителей: от сопротивления – к интересу и конструктивному взаимодействию.

*– Как сохранить полученный в рамках пилотного проекта опыт совместной параллельной работы небольшого коллектива специалистов для того, чтобы не растерять его и экстраполировать на дальнейшие коммерческие проекты на этапе промышленной эксплуатации системы?*

– **Филиппов А.А.:** Полученный опыт можно сохранить только одним способом: заставив конструкторов продолжать обучение на своем рабочем месте, выпускать продукцию и документацию с помощью новых методов и инструментов. В нашем случае дороги назад уже нет. Раз в неделю главный инженер проекта по *Teamcenter* собирает группу выделенных продвинутых сотрудников и рассказывает об изменениях, которые произошли в системе и грядут в будущем. Параллельно он получает от них обратную связь. Когда 3D-модели стали поступать к технологам для ТПП, с производства пошел шквал вопросов. **Процесс обучения идет постоянно.**

– **Романов А.В.:** Помимо постоянной работы в системе и непрерывного обучения, разрабатываются методики проектирования и учебные материалы, которые описывают процесс проектирования изделий в соответствии с новым подходом. Обучаемым сейчас сотрудникам воспринять изменения в парадигме проектирования будет гораздо проще, поскольку очень большой задел сделан рабочими группами пилотных проектов. Практически все выбранные для внедрения новой системы сотрудники непрерывно помогают дальнейшему развитию технологий в своих КБ.

*– К каким выводам пришло руководство “СМ” в результате выполнения пилотных проектов по технологии электронного макета? Например, в отношении требований изменения процессов проектирования, организационной структуры предприятий и подразделений, содержания бизнес-процессов, аппаратных средств и др.*

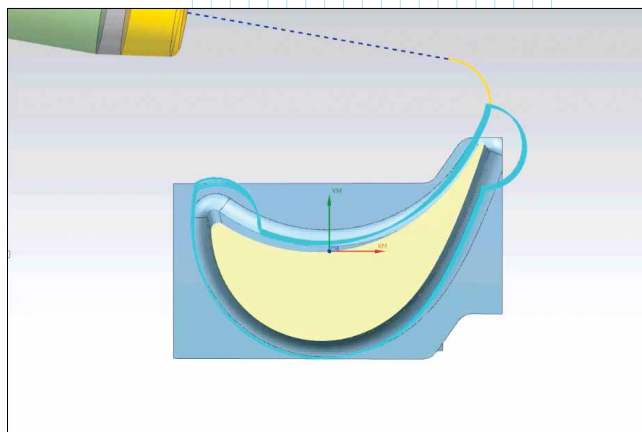
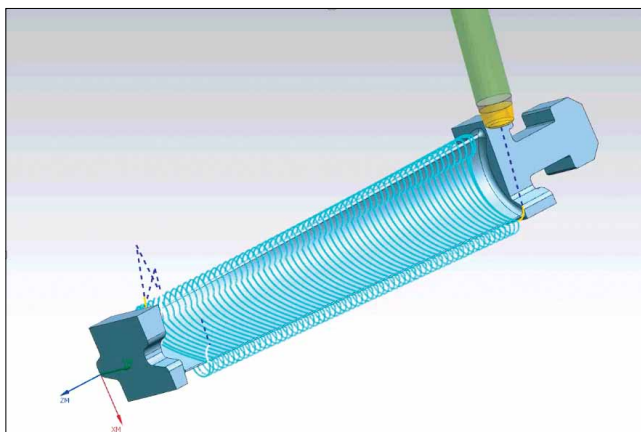
– **Филиппов А.А.:** Во-первых, работа в 3D с электронным макетом в *Teamcenter* подразумевает иное взаимодействие в КБ и на производстве, поэтому старый уклад скорее является тормозом. Например, **классическая последовательная связка “конструктор–технолог” уже подверглась существенной ревизии** – они должны и стали работать параллельно. Порою кажется, что перспективней будет посадить конструкторов и технологов вместе – чтобы не было такого четкого деления и даже разрыва между этими отделами.

Во-вторых, очевидно, что технологам придется заниматься доселе несвойственными для их службы задачами, которые прежде выполняли конструкторы.

В-третьих, принятая система проектирования паровой турбины подразумевала последовательность определенных конструкторских и расчетных решений/действий. Сначала делается расчет одних систем, затем результаты передаются дальше, где вносятся корректировки. По цепочке проект возвращается обратно к расчетчикам, которые проводят анализ заново. Эти итерации могли длиться несколько месяцев, пока дело дойдет до подготовки рабочей документации. **Связка NX/Teamcenter позволяет многие из этих работ выполнять параллельно, что существенно сокращает сроки разработки изделия.** Это открывает возможности по оптимизации оргструктуры – переместить специалистов, поделить отделы.

Примечательно, что к нам стали приходить сотрудники предприятия и просить взять их в проект, хотя никаких дополнительных материальных поощрений это не сулит, а лишь увеличивает нагрузку.

– **Колесников А.А.:** У нас в компании параллельно проводится опрос вовлеченности, который по определенным критериям помогает понять, как специалисты оценивают реализуемые на предприятии изменения. Один из пунктов опроса – интерес к работе и насколько изменился этот показатель по прошествии года. И вот что мы выяснили. Новые инструменты в виде NX и *Teamcenter*



*Фрагмент траектории обработки рабочей поверхности лопатки*



сделали работу интереснее, взаимодействие между сотрудниками и отделами изменилось и заметно упростилось. Примечательно, что проект привлек не только тех, кто в нём уже участвует, но и тех специалистов, которым это только предстоит – им уже нравятся новые инструменты и возможности. Коллеги смогли донести до них все прелести работы по-новому – это очень показательно.

## Пилотные проекты по тематике ТПП

– На предприятиях России часто встречается и продолжает оставаться типичной следующей ситуацией: какие бы высокоуровневые САД-системы ни использовали конструкторы, какого бы качества 3D-модели они ни готовили, всё равно для проведения ТПП технологи требуют комплекты чертежей, а проектировщики штампов и пресс-форм строят модели обрабатываемых деталей заново, равно как и цеховые технологи-программисты, которые для разработки УП в САМ-системе еще раз создают 3D-модели по чертежам. Было ли это характерно и для “Силовых машин” до прихода компании ЛАНИТ?

– Тюхтяев М.И.: Да, у нас было точно так же, как у всех. Мы получали на входе чертежи. Если нам были нужны модели для лопаток, роторов и других изделий, мы должны были их делать сами по чертежам. В настоящее время ситуация меняется коренным образом. Конструкторы готовят электронные 3D-модели изделий. По нашему направлению пока есть сложности, поскольку ведение ТПП в электронной среде NX и Teamcenter изучено и проработано гораздо меньше, нежели КПП. В рамках идущего проекта для технологов все процессы по работе с электронной моделью разрабатываются с нуля. Опробываются подходы – чтобы определить, как это должно быть. В России это мало кто делал, и никто так широко не применял. Отдельно подчеркну, что у нас было принято решение использовать для ТПП

исключительно 3D-модели. Как мы знаем, на некоторых других предприятиях допускается отклонение в сторону чертежей. У нас – нет!

– Какие цели преследуют пилотные проекты ЛАНИТа в ТУ заводов и в подразделениях филиалов? Удастся ли общими усилиями преодолеть историческую разобщенность конструкторских и технологических подразделений?

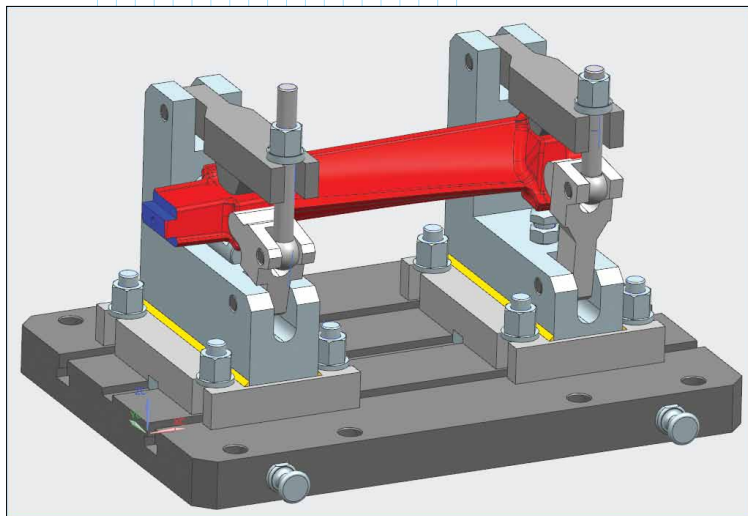
– Тюхтяев М.И.: Наша общая цель – подготовить производство и обеспечить с помощью безбумажной технологии передачу информации на рабочие места в цехах. При подготовке производства цель – понести как можно меньше затрат и быстрее обеспечить запуск изделия в производство.

Проект ТПП пока находится только в стадии реализации, поэтому оценки давать рано. Но на вход к нам в технические управления стали поступать уже 3D-модели. Теперь технолог вынужден отчасти выполнять необходимые ему операции с моделью, которые прежде делали конструкторы. **Нынешний момент перераспределения функций между конструктором и технологом можно считать уникальным.**

Методики работы мы разрабатываем совместно с компанией ЛАНИТ, предложения исходят от обеих сторон, и получается взаимный обмен опытом.

Характерная особенность – это масштаб нашего проекта. Электронной моделью должны быть охвачены все технологии изготовления, то есть ТПП для каждого типа обработки или производства должна вестись только по 3D-модели. Абсолютно все технологи, вовлеченные в этот процесс, должны поменять свои функции. Как уже говорилось, технолог должен уметь работать с 3D-моделью, что раньше не было обязательным требованием.

В мире есть примеры предприятий с очень высокой степенью автоматизации ТПП, когда создана практически прямая связь 3D-модели изделия и обработки с ЧПУ. Очень активно продвигается в этом направлении Израиль. Однако будет заблуждением считать, что это можно реализовать везде. Технология энергетического машиностроения включает в себя не только обработку резанием (фрезерование и точение). Для изготовления турбины используется порядка 30-ти типов технологий, и не все они предполагают обязательное наличие станков с ЧПУ. По этой причине у нас должен создаваться комплексный сквозной технологический процесс. Тысячи рабочих мест, участвующих в производстве, должны быть учтены в маршрутах. **Технологические процессы должны быть сформированы сквозными, чтобы информация в итоге попала в систему SAP для планирования производства.** Недостаётно дать рабочему информацию о том, как сделать, чем, на чём и за сколько времени. Это всё содержится в техпроцессе. Но важно дать информацию так, чтобы всё можно было спланировать – и это, пожалуй, самое



Оснастка для механической обработки лопаток



**Михаил Тюхтяев** – заместитель технического директора по подготовке производства, начальник технического управления ПАО “Силовые машины”. Отвечает за ТПП всех производственных площадок, входящих в состав Ленинградского Металлического завода.

Профессиональный путь начал в 1976 году на ЛМЗ учеником слесаря-инструментальщика. В 1982 году окончил Санкт-Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ) по специальности “Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты”. К 1988 году прошел путь до заместителя главного технолога ЛМЗ по программируемой обработке, а в 1999 году стал техническим директором ЛМЗ.

В 1999 году в качестве директора возглавил технический отдел департамента производства энергии компании “Энергомашкорпорация”, где организовал промышленное производство энергетических газовых турбин для ГТ ТЭЦ. В 2004 году покинул компанию “Энергомаш Лимитед” в должности директора производственного управления департамента турбин и перешел в “Силовые машины” на должность заместителя директора ЛМЗ по подготовке производства.

сложное. Ведь речь у нас идет об индивидуальном, а не серийном производстве. Такого опыта ни у кого нет, подсмотреть негде. **После завершения нашего проекта компания ЛАНИТ, получив такой опыт, сможет тиражировать его на других предприятиях России.**

**Основная задача состоит в том, чтобы создать унифицированную систему подготовки производства для любого производственного процесса.** Мы исповедуем прагматичный подход: неважно, где находится КБ, и неважно, где расположено производство – информация о производственных мощностях будет представлена в системе.

Мы стремимся реорганизоваться так, чтобы производственные мощности были сконцентрированы и специализированы. Важно, куда именно поступает по электронным каналам информация, и как назначаются маршруты изготовления детали. Это всё предусматривается внутри нашего проекта ТПП.

**Для сборочно-сварочного производства у нас появляется возможность создать на основе 3D-моделей новую систему нормирования процессов изготовления,** применяя не эмпирические, а аналитические методики формирования норм. Мы уже подготовили методики формирования таких расчетов и скоро придем к реализации.

На будущее у нас намечено много планов по продвижению в сторону цифрового производства, включая моделирование инфраструктуры цехов, оптимизацию внутренних потоков.

*– Насколько вас поддерживают технологические службы заводов и филиалов? Удастся ли в итоге вести технологическую подготовку производства паровых и гидротурбин, генераторов и других электромашин по конструкторским 3D-моделям?*

**– Тюхтяев М.И.:** Технологи восприняли проект очень положительно, поскольку при наличии на входе 3D-модели у них исчезнет необходимость перепроектировать изделие. Во-вторых, наши коллеги создают ассоциативные 3D-модели, в которых связаны не только элементы изделия, но и элементы технологии изготовления. Например, применительно к турбинным лопаткам, при изменении 3D-модели может автоматически изменяться УП для обработки на станке с ЧПУ.

Все наши будущие процессы по ТПП пока еще находятся в стадии настройки, поэтому сказать, насколько быстрее пойдет работа, мне пока сложно. Какую часть работы мы оставим конструкторам, а что переложим на технологов – это пока тоже на стадии оценки. Фронт работ в целом понятен, но процессы еще предстоит отстроить, собрать в одну сквозную цепочку и завести в систему планирования производства.

**– Кузин В.Е.:** Пилотная группа технологов, отобранных для отработки проекта ТПП, должна пройти через основные тернии до конца текущего года. Далее начнется распространение знаний и масштабирование системы на других сотрудников, обработка обратной связи. Если всё сложится удачно, то уже в октябре 2017 года коллеги-конструкторы начнут работать над коммерческими проектами уже в новой системе – соответственно, у технологов останется три-четыре месяца на завершение освоения/документирования. Однако нужно отметить, что по некоторым направлениям ТУ уже готовы работать по-новому.

*– Какая подготовительная организационная, методическая и учебная работа была проведена с персоналом ТУ до старта пилотных проектов по*



**ТПП? По всей видимости, содержание воспитательной и учебной работы для технологических начальников и рядовых технологов различалось? Какими её результаты?**

– **Кузин В.Е.:** В рамках проекта для технологов и специалистов ТУ было организовано отдельное многофазовое обучение выделенных групп. Поскольку у технологов очень высокая нагрузка по текущему производству, обучать всех сразу возможности не было. Разумеется, для работы с 3D-моделями они должны быть знакомы с NX CAD, но не так глубоко, как конструкторы. Обучение проводилось на рабочих местах, потому что с полученными навыками нужно продолжать работать и обязательно иметь обратную связь, чтобы оттачивать применение системы и процессы.

После первого базового курса по NX технологи прошли второй курс – использование PMI (Product Manufacturing Information). Поэтому Михаил Иванович, руководитель ТУ, занял очень передовую позицию и предложил по направлению турбинных лопаток выдавать технологам уже только 3D-модели. К такой оперативности технологов не были готовы сами конструкторы.

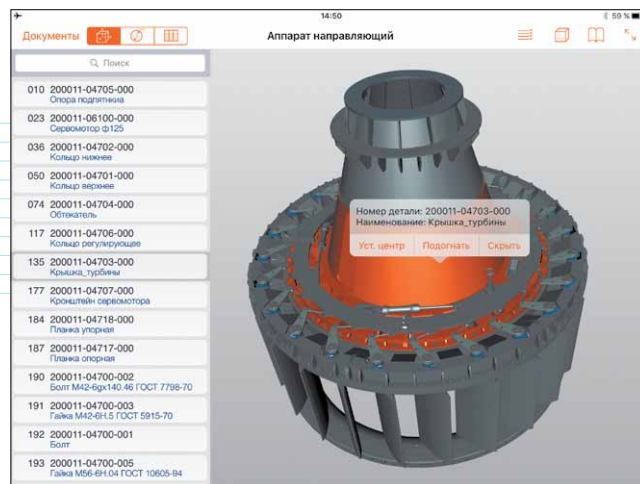
– **Тюхтяев М.И.:** Как я уже говорил, наша задача – подготовить сквозные процессы в максимально короткое время. Для этого **процессы технологического проектирования должны вестись параллельно**. Если в сквозном техпроцессе применены 5÷7 технологий, то технологи, формирующие каждый такой процесс, должны работать параллельно. Это достаточно сложная задача.

В ТУ на рабочих местах подключены NX и Teamcenter. Пока задействовано всего порядка 40 человек. Я хотел бы, чтобы как можно больше специалистов ТУ имели на своих местах эту связку.

– **Кузин В.Е.:** Основным достижением в проекте ТПП пока остается твердая позиция Михаила Ивановича Тюхтяева в вопросе перехода на безбумажный процесс. **Это действительно полная смена парадигмы взаимодействия конструкторов и технологов**. Важно понимать, что с переходом на работу с электронным макетом технологический процесс меняется кардинально. Появляются такие понятия как “**модель промежуточного состояния**”, формирование **технологических эскизов** и т.д.

Такие вещи, как нормирование, будут перенесены в новую систему из прежней и автоматизированы. На более поздних этапах проекта у нас предполагается использовать средства Cortona3D для создания анимированных процессов сборки-разборки изделия. Но это скорее вишенка на торте – мы же пока занимаемся приготовлением самого торта.

В отношении проектирования таких процессов, как сварка, нам приходится также создавать свое ноу-хау, поскольку в решениях Siemens этот технологический процесс поддерживается слабо.



*Пример эксплуатационного каталога для узлов гидротурбины*

– **Как идет выполнение пилотных проектов по ТПП, и какие результаты получены на сегодня?**

– **Романов А.В.:** Направление производства турбинных лопаток – самое прогрессивное. Отработан практически весь цикл на нескольких примерах лопаток: созданы маршруты изготовления, на основе конструкторских моделей лопаток ассоциативно спроектированы заготовки с моделями штампов, разработаны техпроцессы механической обработки со всеми промежуточными состояниями и технологическими эскизами. С новым подходом в NX разработаны управляющие программы обработки по профилю лопатки на основе конструкторской модели и уже опробованы “в железе” на нескольких примерах. Спроектирована оснастка по промежуточным состояниям модели и опробован контроль с помощью КИМ. Для отображения интерактивной электронной документации в цехах специалистами ЛАНИТ спроектирован и изготовлен опытный образец PLM-терминала.

Столь же активно технологи ЛМЗ работают и по другим примерам: разработаны маршруты изготовления и рассчитаны материальные нормы для узлов паровой турбины. Спроектированы техпроцессы механообработки на универсальном оборудовании с промежуточными состояниями и технологическими эскизами для узлов гидротурбины. На сложных примерах ведется отработка создания сквозных техпроцессов сварки-сборки с совместной механической обработкой.

Основные подходы к автоматизации процессов ТПП – системный анализ и изменение всей цепочки КТПП – **от расчетчика до контролера после изготовления изделия**.

Такой подход позволяет получить весомые преимущества – отсутствие повторного проектирования модели технологами, уменьшение времени при ассоциативном проектировании сложных заготовок, оснастки и промежуточных состояний. На

примере лопаточного производства это позволит сократить цикл КТПП даже больше, чем на запланированные 30%.

## Интеграция с системой планирования производства

*– Насколько тесной можно считать существующую и планируемую интеграцию среды PDM/PLM, в которой рождаются корректные данные об изделиях и процессах их производства, с вашей ERP-системой?*

– Пуляев В.А.: Как уже обсуждалось, интеграция Teamcenter и существующей ERP-системы SAP – это одна из важных целей проекта. Необходимость обеспечения нашей ERP-системы качественной, актуальной информацией о проектируемом изделии рассматривалась неоднократно. **Когда мы начнем промышленную эксплуатацию системы, то из Teamcenter в SAP попадут данные об изделиях, которые реально пойдут в производство.**

– Кузин В.Е.: До конца лета мы должны завершить еще одну важную работу – **оцифровку справочников**, которые являются основой для проектирования КД и техпроцессов.

**Ведется также проект по консолидации и валидации в системе SAP справочников покупных изделий.** Специалисты компании ЛАНИТ работают сейчас над выстраиванием единой среды управления нормативно-справочной информацией (НСИ) без выделения для этого преимущественной системы (Teamcenter/SAP и CAD-системы, включая наши самописные разработки). Наведение порядка в этой сфере крайне важно для успешной промышленной эксплуатации.

Работа по подготовке данных для ERP-системы идет, и в итоге мы хотим наладить планирование производства в правильном ключе. Мы много

обсуждаем эту тему, **чтобы плоды работы конструкторов и технологов не оставались только в базах Teamcenter.** Сделать так, чтобы они перетекали в систему SAP, совсем не просто. Примеров тесного сопряжения этих систем в России практически нет. Системы создают оболочку, а вот какие данные передавать, в каком виде и как они должны быть подготовлены – всё это остается проблемой, соответствующих методик нет. Тем не менее, ЛАНИТ эту проблему не отбрасывает и подсказывает решения.

## Текущие итоги совместной работы компаний ЛАНИТ и “Силовые машины”

*– Вопрос к представителям “Силовых машин”: чему вас, по большому счету, научили специалисты ЛАНИТ, чем помогли?*

– Пуляев В.А.: Самое главное – **после всех мытарств мы, наконец-то, получили такого внедренца, которого долго ждали.** До этого стиль работы побывавших на нашей площадке внедренцев заключался в исполнении наших пожеланий. Но такой подход не делает нас лучше. **Выбирая ЛАНИТ, мы рассчитывали, что получим качественного интегратора, который способен и компетентен привнести идеологию PLM,** чего нам не хватало всё это время. Хотя проект еще в самом разгаре, специалисты ЛАНИТ уже проделали очень большую работу, “заразив” этой идеологией заводчан. Отдельно стоит отметить ведущую и направляющую роль Сергея Львовича Марьина в этом проекте. В новом деле нужны лидеры, за которыми хочется идти. Александр Романов поддерживает этот дух здесь, на местах, благодаря чему сформировался неравнодушный подход и проактивная позиция. Все отмечают, что просьбы сотрудников не остаются без внимания со стороны ЛАНИТ, к ним прислушиваются и обсуждаются решения. Сложился двусторонний диалог и взаимопонимание, что крайне важно в таких масштабных проектах. Работа по проекту ведется постоянно. **Такие интеллектуальные решения можно эффективно внедрить только с помощью интеллектуального инжиниринга.**

*– Хотелось бы услышать оценки от самих участников проекта – прежде всего от руководителей со стороны “Силовых машин” и ЛАНИТ. Что из совместно сделанного в процессе подготовки и выполнения пилотных проектов можно отнести к разряду достижений?*

– Романов А.В.: Я хотел бы отдельно выделить КБ паровых турбин и КБ гидротурбин. В процессе пилотных проектов была проделана большая системная работа, вместе пройден весь процесс проектирования изделия от предварительных



*Отображение технологической документации в цехах с использованием PLM-терминала*

расчетов до выпуска рабочей документации и согласования с технологами. Специалисты КБ не машинально выполняли свою работу, а переосмыслили и систематизировали её. Яркий пример – формирование базовой контрольной структуры, скелета изделия, благодаря которому конструкторы получают возможность распараллелить работу. **То, что нами сделано вместе, по сути является заделом на все последующие проекты.** Эта системная база знаний позволит “Силовым машинам” опираться на нее в дальнейшем.

Разработаны электронные макеты паровой турбины и гидротурбины, на основе которых ведутся дальнейшие работы по ТПП. В результате пилотных проектов мы получили уверенность, что примененные методы и подходы реально работают. КБ пришли к пониманию, за счет чего достигается существенное преимущество в сравнении со старыми методами работы.

**По срокам: исходя из нашего опыта, этот проект идет в два-три раза быстрее, чем ранее реализованные проекты ЛАНИТ.** При этом он идет в пяти разных КБ – это очень масштабно.

С точки зрения унификации, все КБ и площадки работают в одинаково настроенной среде *Teamcenter*, применяя новую общую систему обозначений конструкторской документации. Это, пожалуй, тоже беспрецедентно для нас.

Что еще примечательно: решение о тиражировании этого проекта на внешние площадки “Силковых машин” было принято через год после его старта. Обычно на такое осознание требуется три-пять лет. Это ведь коммерческое предприятие, и оно решилось тратить внушительные ресурсы, осознав выгоду. В такой динамичной обстановке работать довольно трудно, но очень интересно.

– **Кузин В.Е.:** За неделю до нашего интервью в группе компаний “Силковые машины” собирался управляющий комитет под председательством генерального директора. Было заявлено, что новую технологию мы опробовали и теперь **ведем подготовку к реализации коммерческих проектов с её помощью уже осенью этого года.** Наверное, это очень важный наш результат, потому что еще полгода назад об этом и речи быть не могло. **Следует отметить и наши высокие темпы внедрения/освоения.** Мы очень рассчитываем, что чуть позже такую же оценку дадут и наши ТУ в отношении ТПП, вступившие в проект на три-четыре месяца позже конструкторов.

– **Пуляев В.А.:** Хотя проект еще идет, совершенно точно уже можно сказать, что, благодаря новой *PLM*-платформе и подходам, повысилось качество проектирования, отсутствуют коллизии на этапе сборки.

– *Каким будет развитие вашего проекта, и спланировано ли оно? Намерены ли другие предприятия и подразделения, расположенные в других городах, заимствовать отработанные подходы, базы, шаблоны, настройки и уникальный опыт?*

– **Пуляев В.А.:** Новые технологии рождают у нас интерес к новым возможностям. Раньше инструментов не было – соответственно мы и не знали, что так можно. Теперь видим, что возможности платформы могут быть полезны и конструктору, и рабочим в цеху, и специалистам, отвечающим за качество. Периметр пилотного проекта не подразумевал освоение *NX CAM*. Этот модуль у нас уже используется, но не массово. В скором времени мы приступим к его освоению и написанию постпроцессоров под имеющееся оборудование с ЧПУ.

Мы обсуждали с ЛАНИТ вопросы возможного применения контрольно-измерительных машин в производстве, чьи показания можно сравнивать с *3D*-моделью изделия.

Мы точно знаем, что нам предстоит освоение функционала продуктов *Siemens PLM Software* в отношении инженерного анализа (*CAE*).

**Наши заказчики заинтересованы в том, чтобы получить от нас конструкторскую документацию на изделия, которые мы для них проектируем, в электронном виде, в виде *3D*-моделей.** Росатом выступает инициатором создания единого информационного пространства между соисполнителями его проектов. Поскольку нас привлекают как соисполнителей для проектирования оборудования атомных электростанций – генераторов, турбин, трансформаторов, котлов – то мы видим, что наличие у нас электронной модели изделия поможет в подготовке электронных каталогов, интерактивных руководств по эксплуатации и обслуживанию оборудования станции.

– **Кузин В.Е.:** Очевидно, что в ближайшие 5÷10 лет производители оборудования тоже придут к тому, чтобы продавать заказчику часы бесперебойной работы турбины, а не сами турбины. И чтобы мы к тому времени были к этому готовы, системно действовать нужно уже сейчас. От этого никуда не деться, даже если сейчас это кажется нереальным.

Если говорить о краткосрочной перспективе, то, как уже обсуждалось, принято решение о тиражировании проекта на площадки “Калужского турбинного завода” и таганрогского “Красного котельщика”. Это, кстати, тоже очень хороший результат проекта, поскольку когда в России начинают копировать, то это явно что-то хорошее.

– **Кузин В.Е.:** Очевидно, что в ближайшие 5÷10 лет производители оборудования тоже придут к тому, чтобы продавать заказчику часы бесперебойной работы турбины, а не сами турбины. И чтобы мы к тому времени были к этому готовы, системно действовать нужно уже сейчас. От этого никуда не деться, даже если сейчас это кажется нереальным.

– *Благодарим вас за время, которое вы нам уделите, и содержательный, заинтересованный разговор.*

Санкт-Петербург, 4 июля 2017 г. 