

Цифровое конструкторское бюро

А.Ю. Лихачёв, руководитель отдела PLM (Аванс Инжиниринг)

© 2021 Аванс Инжиниринг

Предпосылки

В текущий момент на промышленных предприятиях России наблюдается несколько основных тенденций. Первая – рост цифровизации по отдельным направлениям, подразделениям, технологиям. В частности, уже высоко цифровизованы работы по конструкторской подготовке производства, проведению расчетных обоснований и др. Однако передача данных между смежными отделами (подразделениями) часто проходит без применения систем хранения данных, задачи ставятся по служебным запискам, а результаты зачастую хранятся лишь на ПК исполнителя либо в виде текстового отчета. При всём при этом, набор используемого ПО для решения специализированных инженерных задач постоянно растет, как растет и объем данных (рис. 1).

Второй тенденцией рынка можно назвать существенный рост требований к выпускаемой продукции и срокам её выпуска. При такой постановке задачи локальной цифровизации становится недостаточно, и для выхода к новым производственным показателям предприятию необходима комплексная трансформация. Одним из ключевых аспектов данной трансформации является организация сквозных рабочих процессов для разных ролей пользователей, что обеспечит максимальную эффективность применения современных инженерных инструментов и подходов, позволит выйти на новые темпы разработки высокотехнологичных и конкурентных изделий.

Описание комплекса технологий “Цифрового КБ”

Компания Аванс Инжиниринг сформировала комплекс технологий “Цифрового КБ” для организации модельно-ориентированного подхода к проектированию. Особенностью комплекса является интеграция необходимых блоков технологий на основе единого информационного пространства, что позволит структурировать и хранить разнородные данные, создавать сквозные процессы, совокупность взаимосвязанных моделей, а также интегрироваться с существующим набором ПО предприятия.

В рамках этого подхода мы выделяем три основных блока технологий (рис. 2):

1 Управление инженерными данными – включает в себя управление расчетными данными, требованиями и процессами.

2 Проектирование – сюда, в частности, относится применение инструментов и методологий архитектурного проектирования, современных подходов к CAD-проектированию и оптимизации.

3 Верификация и валидация – охватывает применение расчетных и натурных обоснований при проектировании. Это могут быть как предварительные 1D CAE-расчеты, так и уточняющие 3D CAE-расчеты, виртуальные и натурные испытания.

Внедрение данного комплекса технологий позволяет выстроить цикл разработки с максимальным применением на всех этапах электронных

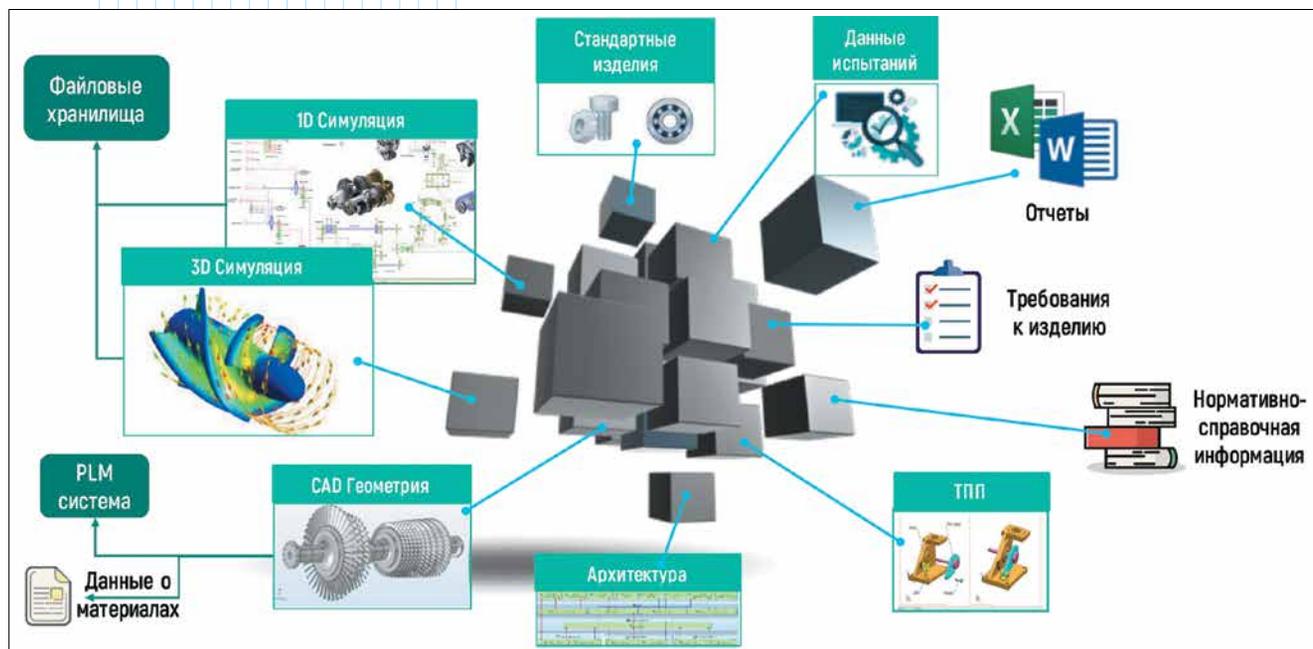


Рис. 1. Текущее состояние сферы цифровизации на предприятиях в отраслях машиностроения РФ



Рис. 2. Комплекс технологий “Цифровое КБ”

моделей изделия в соответствии с принципами модельно-ориентированного системного инжиниринга (*Model Based System Engineering, MBSE*).

Процесс внедрения можно разделить на две крупные последовательные стадии. Первая стадия представляет собой поэтапный процесс цифровой разработки конструкции “сверху вниз” через следующие этапы:

- формирование требований к изделию;
- построение архитектуры и состава систем изделия;
- построение детальной “виртуальной” конструкции, а затем её расчетная проверка (виртуальные испытания).

Вторая стадия представляет собой соответствующий поэтапный процесс сборки, натурных

испытаний и проверки требований к изделию “снизу вверх”:

- изготовление и натурные испытания отдельных деталей;
- сборка и натурные испытания отдельных систем и узлов изделия;
- сборка и натурные испытания изделия в целом.

При этом каждый этап второй стадии процесса разработки изделия окончательно проверяет и подтверждает результаты соответствующих этапов первой стадии. Визуально такая взаимосвязь стадий и этапов разработки изображается на так называемой V-диаграмме (ви-диаграмме), напоминающей по форме букву английского алфавита “V” (рис. 3).



Рис. 3. Современный цикл разработки изделий машиностроения

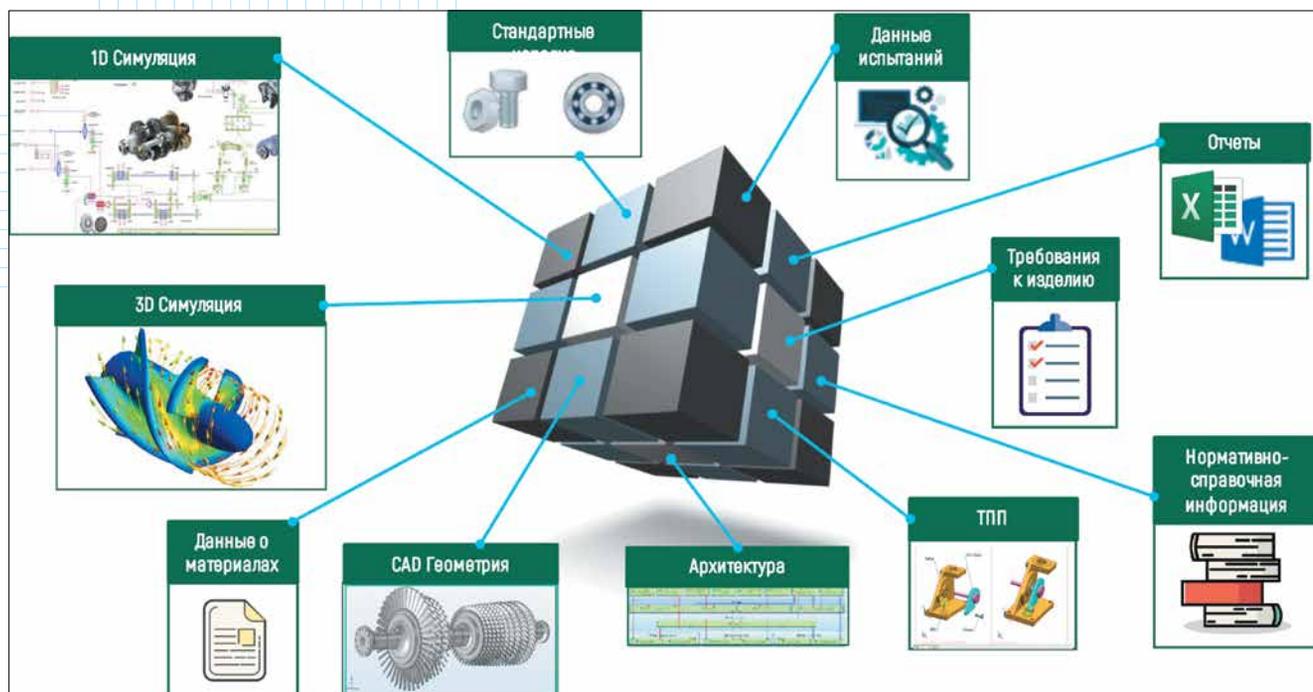


Рис. 4. Целевое состояние системы после внедрения комплекса технологий “Цифрового КБ”

Благодаря проектированию и виртуальным испытаниям в едином пространстве “Цифрового КБ”, появляется возможность проследить уровни технологической готовности изделий и сокращать количество дорогостоящих опытных образцов и макетов. “Виртуальный полигон”, как ключевая технология комплекса, помогает анализировать различные сценарии эксплуатации изделия и сократить затраты времени и стоимость разработки на величину вплоть до 30%. Внедренные сквозные рабочие процессы позволяют иметь актуальную информацию о процессе разработки и оперативно решать проблемы, возникающие в процессе проектирования, что повышает качество проектируемого изделия (рис. 4).

Примеры применения

Исторически, потребность в применении и формировании описанного комплекса технологий была сформирована коллективом компании Адванс Инжиниринг и Инжинирингового центра цифровых технологий машиностроения УрФУ (ИЦЦТМ) в ходе выполнения ряда инженерных работ. На текущий момент успешно реализовано уже более 50 проектов в разных отраслях машиностроения, таких как авиационное и транспортное двигателестроение, проектирование летательных аппаратов и транспортных средств и др. (рис. 5).

Используя полученный практический опыт и обширную базу инженерных знаний, наши специалисты сформировали набор методик и подходов “Цифровое конструкторское бюро”, который позволяет проектировать сложные изделия наиболее эффективно. Созданные технологии и подходы уже прошли апробацию и нашли широкое применение

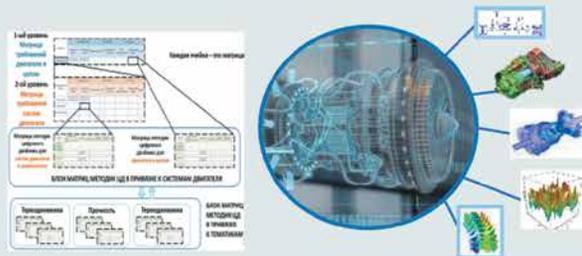
в самых масштабных проектах ключевых отраслей промышленности (АО “ОДК”, АО “Вертолеты России”, ПАО “КАМАЗ” и др).

Заключение

Подводя итоги, следует отметить, что “Цифровое КБ” от Адванс Инжиниринг – это не только теоретический подход, позволяющий предприятиям выходить на качественно новые показатели выпуска продукции, но и набор отлаженных технологий, способных обеспечить эффективную работу существующей ИТ-инфраструктуры ОКБ предприятия, либо точно определить необходимые мероприятия по её развитию. Доказавшая свою эффективность система технологий объединяет имеющиеся на предприятии методики, процессы и программное обеспечение в единое “Цифровое КБ”. Все этапы разработки изделий становятся прозрачными и управляемыми, системными и точными, простыми и автоматизированными. За счет использования уже созданного на предприятиях задела в сфере ИТ-инфраструктуры и цифровых технологий, процесс трансформации в цифровое КБ становится быстрым и экономичным.

Благодаря ведению проектирования, расчетов и испытаний в едином цифровом пространстве, появляется возможность проследить уровни технологической готовности изделия, не создавая при этом дорогостоящих опытных образцов и макетов. Виртуальный полигон помогает анализировать различные сценарии эксплуатации изделия, достигая заданных рабочих характеристик реального объекта, что позволяет ускорить разработку изделий, а также снизить до минимального разумного уровня объем натуральных испытаний.

Реализовано более 50 уникальных проектов за последние 3 года



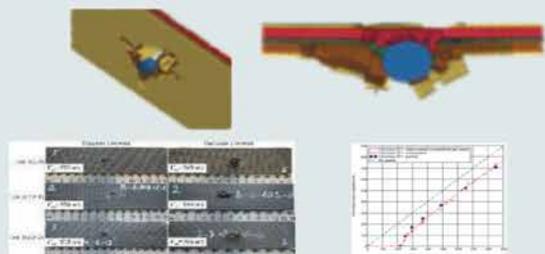
Комплексное внедрение технологий цифрового двойника при проектировании газотурбинного двигателя (ГТД)



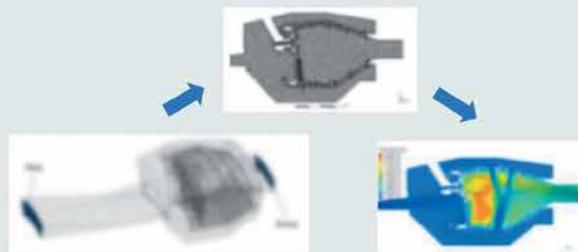
Разработка и реализация стратегии развития в области цифрового проектирования и CAE расчетов



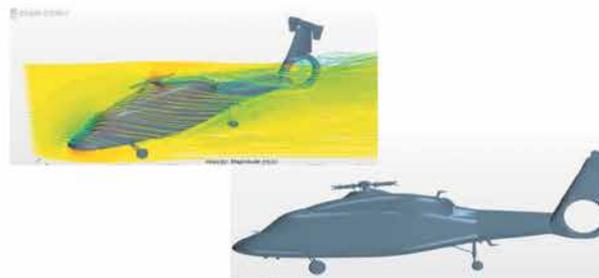
Внедрение полного цикла расчетов на прочность подвески грузовых автомобилей (CAE для конструкторов)



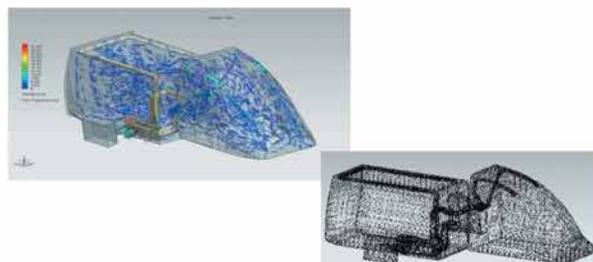
Разработка и верификация многомасштабной модели ПКМ для задач удара лопатки вентилятора ГТД



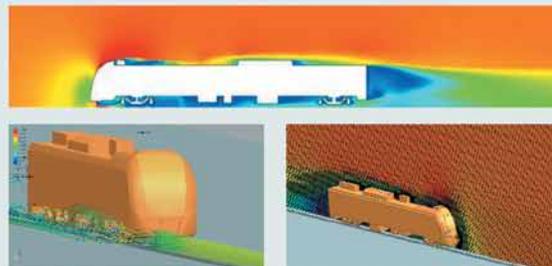
Разработка усовершенствованной методики 3D-CAE расчета камеры сгорания ГТД



Разработка методики оценки аэродинамических характеристик фюзеляжа вертолета



Методика расчета системы кондиционирования и вентиляции салона вертолета



Моделирование внешней аэродинамики головного вагона электропоезда

Рис. 5. Примеры реализованных проектов

Проект “Повышение топливной экономичности дизельного двигателя для грузовых автомобилей КАМАЗ-Р6 в рамках программы обеспечения ведущих мировых позиций”

Остановимся подробнее на выполненной совместно с ПАО “КАМАЗ” работе, в ходе которой нами были применены технологии и подходы “Цифрового КБ”, позволившие решить поставленные задачи в сжатые сроки: проект был полностью реализован в 2020 году.

Задачи проекта:

- Анализ систем двигателя Р6;
- Оптимизация одной из систем по критерию “трудоемкость – инженерный результат” (в качестве объекта была выбрана система газопровода).

Особенности проекта:

- Решение научно-технической задачи исследования газодинамических процессов в импульсной системе газопровода двигателя внутреннего сгорания;
- Применение междисциплинарного подхода и виртуальных испытаний.

Результаты:

1 Проведен патентный поиск решений с целью выявления уровня техники и технологий в области систем импульсного наддува дизеля (объекты патентного поиска – выпускной коллектор, турбокомпрессор, трубопроводы). Результаты патентного поиска были учтены при разработке усовершенствованной геометрии выпускных коллекторов.

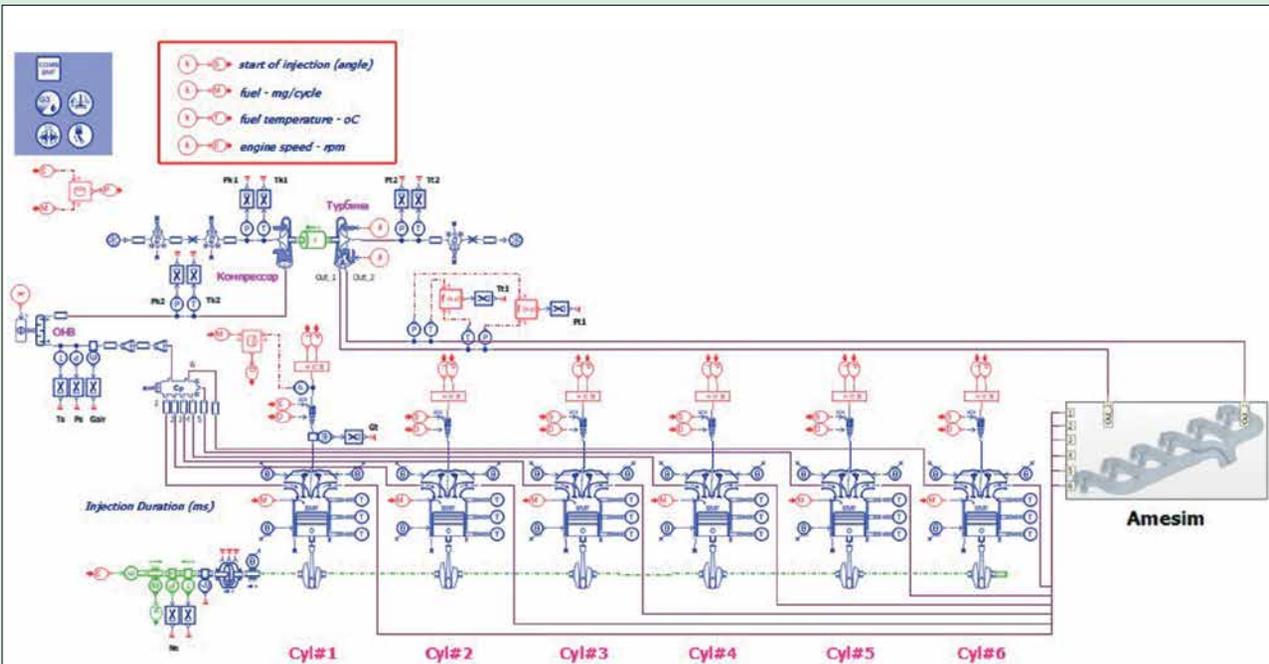
При этом применялись методологии, необходимые для проведения бизнес-анализа и архитектурного проектирования, инструменты управления требованиями и построения междисциплинарных архитектур изделия.

2 С помощью программного продукта *Simcenter Amesim* разработана термодинамическая мультидисциплинарная численная 1D-модель двигателя Р6, позволяющая оценивать влияние параметров систем двигателя и рассчитывать основные показатели работы. Сам процесс и исходные данные для построения модели были получены из *PLM*-системы *Teamcenter*.

3 Выполнена валидация разработанной 1D-модели. Максимальная погрешность расчетных значений основных параметров в сравнении с осредненными данными испытаний составила менее 4.9%.

4 Разработана методика проектирования импульсного газопровода. Проведено трехмерное газодинамическое моделирование (виртуальные испытания по продувке) для сравнения гидравлического сопротивления в базовом и оптимизируемых вариантах коллектора, а также моделирование для разных вариантов топологической оптимизации с целью снижения гидравлического сопротивления.

5 По результатам моделирования выполнены итоговые конструкторские работы для двух



Термодинамическая мультидисциплинарная 1D-модель двигателя КАМАЗ Р6 в среде *Simcenter Amesim* в составе виртуального стенда для испытания коллекторов



Опытный образец и стендовые испытания опытного образца литого коллектора на ПАО “КАМАЗ”

вариантов геометрии коллекторов – литого и сварного – с учетом технологии изготовления. Проведено итоговое сравнительное газодинамическое моделирование в 3D-постановке для сварного и базового вариантов. Дополнительные прочностные расчеты сварного коллектора в среде *Simcenter 3D* подтвердили его работоспособность при эксплуатации. Все процессы проведения расчетных обоснований и проработки конструкции сопровождались и выполнялись с использованием технологий “Цифрового КБ”, что позволило учитывать

исходные требования, делать четкую постановку задач расчетным подразделениям и контролировать рабочий процесс.

6 Изготовлены и испытаны опытные образцы итоговых оптимизированных вариантов литого и сварного коллекторов. Опытные образцы литого коллектора, как наиболее технологичного, прошли натурные испытания на стенде ПАО “КАМАЗ”. По результатам испытаний подтверждено достижение основной цели – снижение минимального удельного расхода топлива. 🏆

ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ ИЗДЕЛИЯ



ADVANCE ENGINEERING



SIEMENS



advengineering.ru

+7 (495) 760-98-52
info@advengineering.ru