



# Комплексное внедрение

## НОВЕЙШИЕ МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ РОССИЙСКОГО ИНТЕГРАТОРА ПОМОГАЮТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ САМОЛЕТОВ

Текст: Сергей Ганин, главный конструктор Авиационного комплекса им. С. В. Ильюшина

**Российская авиастроительная отрасль — один из лидеров процесса цифровой трансформации промышленности, что диктуется общемировыми закономерностями и новыми стандартами технологического развития. Авиационная техника — один из самых сложных и высокотехнологичных видов изделий. Как и десятилетия назад, создание самолета — это все еще очень длительный процесс, занимающий несколько лет от появления замысла нового летательного аппарата до его запуска в серийное производство. Существенно сократить эти сроки позволяет применение новых цифровых технологий в разработке и производстве летательных аппаратов.**

Современный самолет и его системы становятся все сложнее, а многочисленные экологические требования, стандарты качества и условия сертификации — все жестче. При этом стратегическая для авиастроительного комплекса задача на сегодня — минимизация сроков и снижение стоимости разработки продукции. В существующих реалиях она обретает особую актуальность.

Одним из важных направлений для решения этой стратегической задачи стала компьютерная инженерия или, как ее еще называют, CAE-технологии (от computer-aided engineering). Это общее название для программ и программных пакетов, предназначенных для решения различных инженерных задач — расчетов, анализа и имитации физических процессов.

### Новый уровень «Ила»

Применение перспективных подходов к разработке и производству всегда было приоритетом технологической политики компании «Ил» — головного предприятия дивизиона транспортной авиации ОАК. Цифровые компьютерные методы проектирования применяются в ильюш-

инском КБ уже несколько десятилетий, что обеспечивает максимальную надежность производимой продукции, соответствие стандартам, высокий уровень ее конкурентоспособности на мировом рынке.

Однако в первой декаде текущего столетия стало очевидно, что необходим выход на новый уровень организации процессов конструирования изделий. Предприятие поставило перед собой задачу выработки стратегии, которая должна обеспечить сокращение цикла создания авиационных конструкций за счет унификации методик проектирования и инженерных расчетов, а также интеграции их в единый комплексный процесс разработки в общем информационном пространстве.

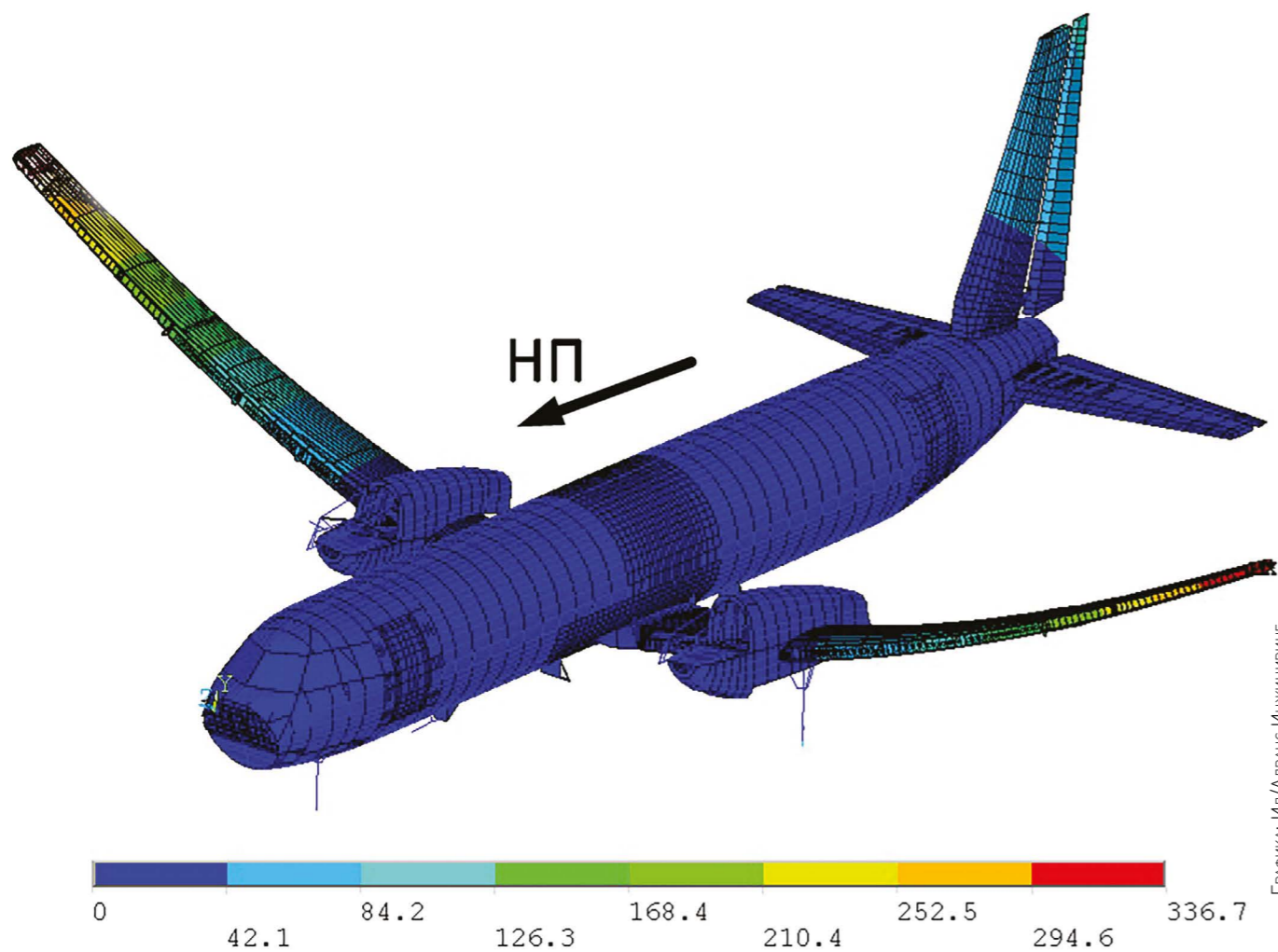
Важной частью преобразований должен был стать переход к технологиям проектирования с преобладанием расчетных моделей высокой точности. Такие технологии позволяют уже на ранних этапах проектирования проводить проверку конструкторских решений в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным, осуществлять виртуальные испытания, значительно сокращая число реальных. В отличие от традиционных натурных испытаний данный подход дает возможность проверять намного большее количество итераций конструкции, проводить многопараметрическую и многокритериальную оптимизацию с учетом всего набора требований к изделию и его компонентам и, как результат, значительно снизить стоимость и сроки разработки продукции.

Учитывая важность и сложность задачи по выработке стратегии использования новых методов конструкторских разработок и высокоточных расчетов на всех этапах проектирования изделия, в компании «Ил» было принято решение привлечь к процессу российского интегратора «Аванс Инжиниринг». Эта компания отлично зарекомендовала себя в реализации комплексных проектов внедрения систем математического моделирования и построения

**«В результате реализации проекта были практически полностью достигнуты цели, заданные в стратегии ОКБ компании «Ил» в части проекта внедрения единой информационной системы управления инженерными данными. Дальнейшее внедрение разработанных решений в промышленную эксплуатацию должно на деле показать эффективность новой технологии проведения расчетов», — Роман Чекунов, начальник управления систем жизненного цикла изделия.**

Фото: Аванс Инжиниринг





Графика: Ил/Аванс Инжиниринг

Картина перемещений, общий вид

целостных сред проектирования на предприятиях отрасли.

**САЕ-ТЕХНОЛОГИИ В ДВА ЭТАПА**

Выбор «Аванс Инжиниринг» в качестве партнера данного амбициозного стратегического проекта был сделан на конкурсной основе в 2020 году. Он был обусловлен тем, что компания уже много лет реализует комплексные инженеринговые проекты для инновационных и наукоемких предприятий России. «Аванс Инжиниринг» имеет штат высококлассных инженеров, подтвердивших свои компетенции в ходе множества выполненных работ по оптимизации процессов, внедрению единой цифровой среды проектирования, унификации методологий и стандартов, а также доработке программного обеспечения или разработке собственных решений и модулей под задачи компании «Ил».

После завершения всех конкурсных процедур в начале 2021 года был запущен проект комплексного внедрения САЕ-технологий на «Ильюшине». Он включал в себя два этапа. Задачами первого стали разработка процесса внедрения программного комплекса единой информационной системы управления инже-

нерными расчетами (ЕИС УИР), написание 12 уникальных методик расчетов инженерных задач предприятия (на аэродинамику, прочность и оптимизацию), а также их интеграция в среду управления жизненным циклом изделия для обеспечения единой платформы сквозного цифрового проектирования. Второй этап проекта предусматривал обучение специалистов предприятия работе с установленным программным обеспечением, а также с разработанными в рамках данного проекта методиками.

**С ВЫСОКОЙ СХОДИМОСТЬЮ**

Интеграционный проект «Аванс Инжиниринг» для «Ила» охватил различные этапы проектирования. Среди них были расчет внешней и внутренней аэро-гидрогазодинамики и теплообмена, напряженно-деформированного состояния элементов, узлов и конструкции самолета в целом при статических и переменных нагрузках, задачи устойчивости, долговечности, а также другие этапы проектирования. На основе исходных данных, предоставленных «Илом», максимально приближенных к решаемым производственным задачам, специалистами «Аванс Инжиниринг» по каждому проектному



Фото: Аванс Инжиниринг

В начале 2021 года был запущен проект комплексного внедрения САЕ-технологий на «Ильюшине»

заданию составлялась расчетная методика, отчет и модель с результатами расчета. Верификация полученных расчетных моделей показала высокую сходимость с результатами ранее проведенных натурных испытаний ильюшинского ОКБ.

Имеющееся у компании «Ил» программное обеспечение во многом определило вектор по расширению функционала ИТ-инфраструктуры предприятия. Так, пакет для многодисциплинарного 1D-моделирования был дополнен новым для инженерных подразделений программным решением для 3D-расчетов гидрогазодинамики. Одновременно была написана методическая инструкция по интеграции моделей из одного программного обеспечения в другое. Это обеспечило качественно новые возможности, например, по комплексному расчету систем кондиционирования воздуха и микроклимата в салоне самолета.

«Методики использования нового расчетного программного обеспечения, разработанные в результате реализации проекта, предоставили инженерам предприятия дополнительные возможности, которые позволяют существенно повысить качество, скорость и точность расчетов», — уверен руководитель проекта, заместитель начальника ОКБ по развитию Дмитрий Усманов.

**В ЕДИНОЙ СРЕДЕ...**

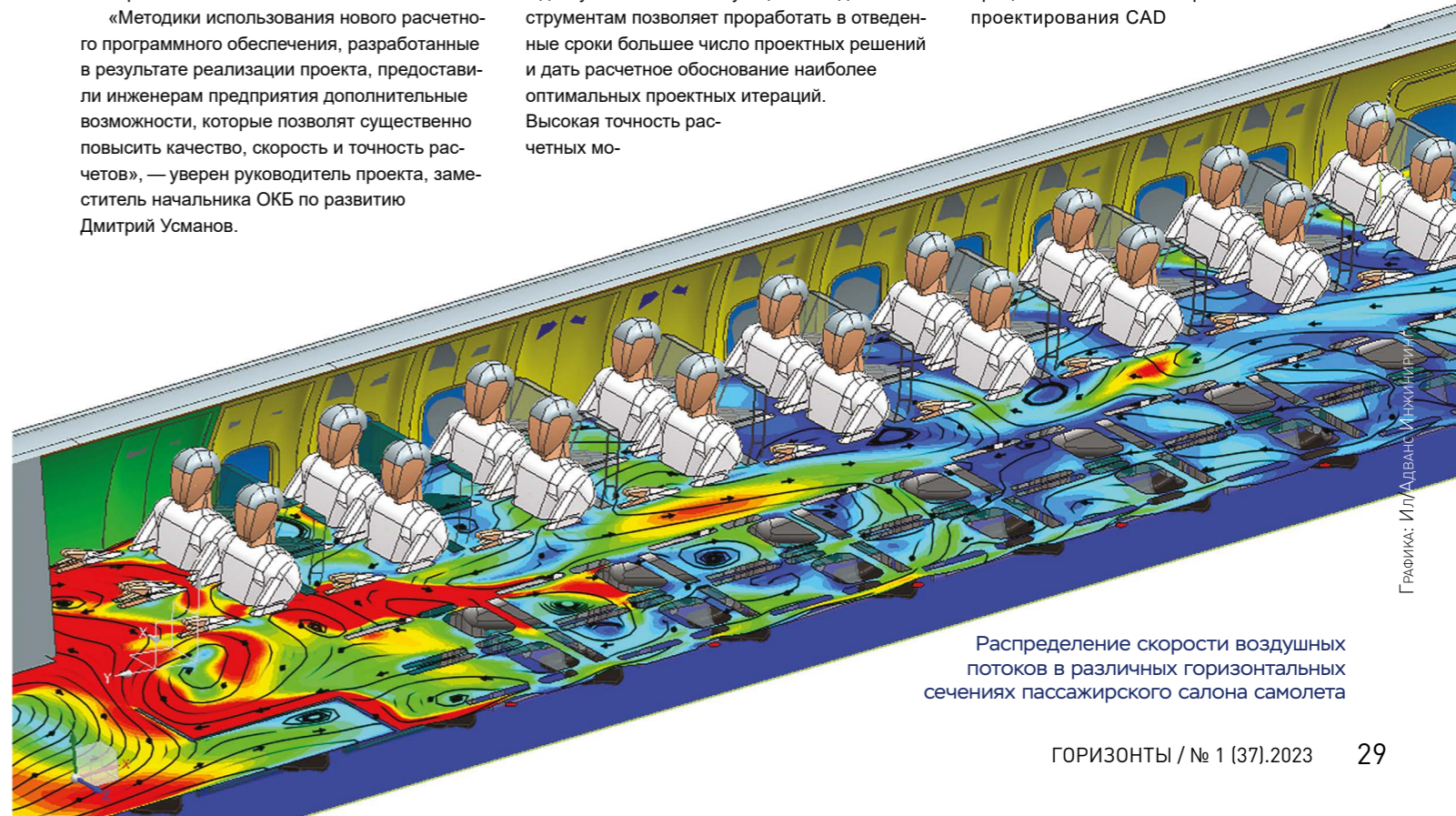
Все разработанные «Аванс Инжиниринг» методики и программное обеспечение были внедрены в PLM-систему (от product lifecycle management — прикладное программное обеспечение для управления жизненным циклом продукции). Для нее сформировали типовой процесс работы расчетных подразделений. Это обеспечило ассоциативную связь в единой среде между конструкторской и расчетной документацией и открыло унифицированный доступ к инженерным данным специалистам смежных конструкторских и расчетных подразделений. Одновременно была осуществлена организация отдельного расчетного сервера и настройка его связи с другими.

Использование возможностей внедряемого программного обеспечения при работе инженеров в единой интегрированной среде с доступом к соответствующим методикам и инструментам позволяет проработать в отведенные сроки большее число проектных решений и дать расчетное обоснование наиболее оптимальных проектных итераций. Высокая точность расчетных мо-

делей, создаваемых по новым методам, служит основанием для утверждения в дальнейшем разработанных методик в качестве стандарта предприятия при виртуальном моделировании систем самолета. При этом была достигнута одна из главных целей проекта — снижение сроков разработки за счет обеспечения возможности выполнения инженерами конструкторских подразделений самостоятельных оценочных расчетов на начальных стадиях проектирования на верифицированной модели в единой среде и по утвержденным стандартам.

**... И БЕЗ РАЗРЫВОВ**

Организация хранения расчетных данных, управления ими и связанными с ними процессами на базе PLM-системы, которая уже использовалась в компании «Ил», позволила устранить разрыв между процессами автоматизированного проектирования CAD



Графика: Ил/Аванс Инжиниринг

Распределение скорости воздушных потоков в различных горизонтальных сечениях пассажирского салона самолета



Дмитрий Мальцев, генеральный директор «Аванс Инжиниринг»

« При реализации многодисциплинарных проектов очень важно работать одной командой и идти совместно к результату. Благодаря личной вовлеченности каждого участника, нам удалось реализовать такой знаковый отраслевой проект, достичь поставленных целей и автоматизировать процесс проектирования.



(от computer-aided design) и процессами компьютерной инженерии CAE. Кроме того, это обеспечило полную взаимосвязанность и прослеживаемость всех изменений, происходящих с конструкциями изделия на каждом из этапов цикла его разработки. Таким образом, удалось исключить ситуации, когда инженерам-расчетчикам спустя какое-то время после проведения расчетов приходилось тратить усилия и время на поиск разрозненно хранящихся документов и восстановление общей картины процесса: для какого изделия сделан был конкретный расчет, на основе какой геометрической модели, на каком этапе проекта, в каком программном обеспечении.

«Проект был сложный, — делится заместитель начальника ОКБ по проектированию — Артем Воронков. — Те, кто знает, как устроен “мир прочнистов”, поймет это. Специалисты, задействованные в проекте, должны были успевать выполнять как свои основные задачи, так и участвовать в командной работе над проектом. Тем не менее поставленные задачи были выполнены, а также был заложен задел по дальнейшему развитию ЕИС УИР на предприятии».

#### Учиться – всегда пригодится

На завершающем этапе проекта было проведено обучение специалистов ильюшинского ОКБ работе с новым программным обеспечением. Первая ступень обучения включала освоение базового функционала установленного программного обеспечения,

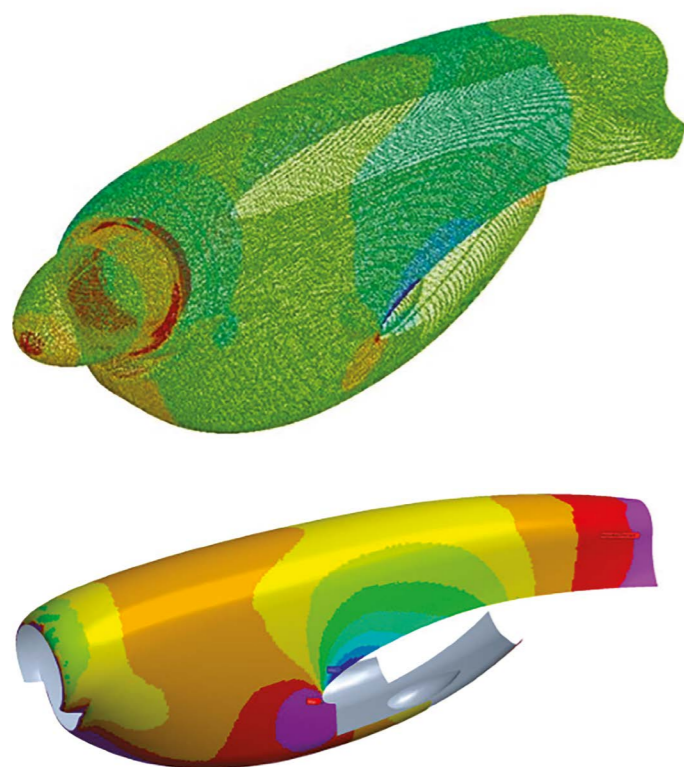
### В рамках проекта комплексного внедрения CAE-технологий в компании «Ил» были разработаны и внедрены следующие методики моделирования:

- ускоренный расчет внешнего обтекания и определения аэродинамических характеристик летательного аппарата в сборе и его отдельных элементов;
- точный расчет внешнего обтекания и определения аэродинамических характеристик летательного аппарата в сборе и его отдельных элементов;
- параметрическая оптимизация аэродинамических характеристик летательного аппарата в сборе и его отдельных элементов;
- расчет элементов конструкции планера из композиционных материалов;
- расчет глобальной конечно-элементной модели планера (элементы 2D, 1D, 0D);
- расчет элементов конструкции планера при таранном ударе, столкновении с птицей;
- расчет заклепочного соединения;
- расчет соединения проушины с учетом контактного взаимодействия (в линейной и нелинейной постановках);
- расчет на устойчивость в линейной/нелинейной постановке;
- расчет на устойчивость путем автоматизации отраслевых методик;
- совместные расчеты системы кондиционирования воздуха;
- расчет резонансных частот.

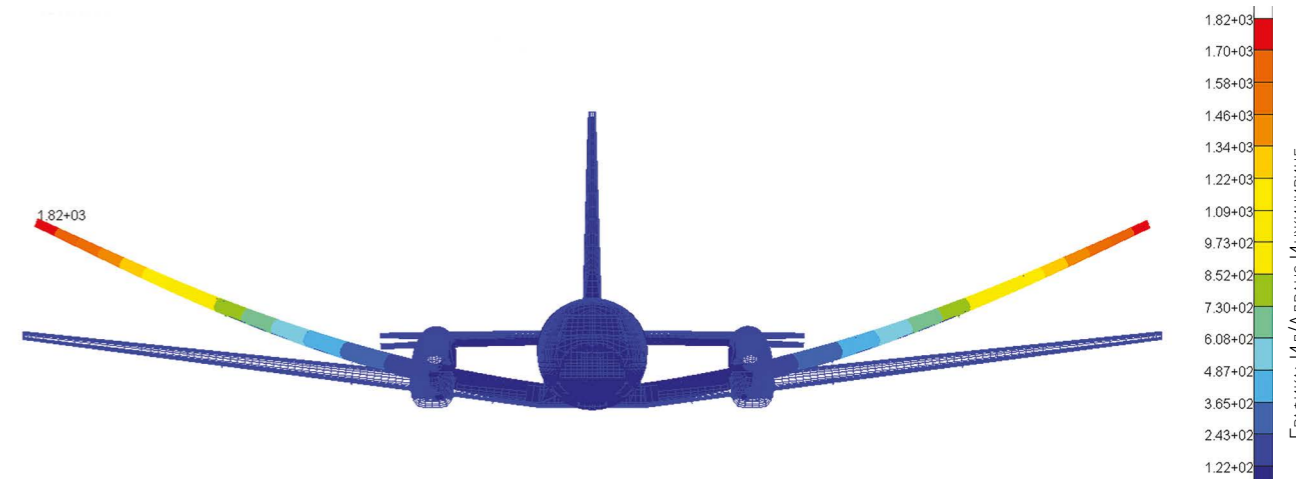
а также получение углубленных знаний по отдельным модулям на специализированных семинарах. Затем, на второй ступени, инженеры-конструкторы изучали на специально разработанных «Аванс Инжиниринг» курсах использование расчетного инструментария согласно внедренным методикам. Эффективность проведенного обучения была достаточно высокой — сразу после прохождения курсов специалисты начали применять свои знания на практике.

В дальнейшем методические указания, содержащие пошаговые алгоритмы выполнения инженерных расчетов, и единый банк методик для сформированных типовых процессов позволят без привлечения внешних консультантов существенно сократить время обучения молодых специалистов. С их помощью можно проводить переквалификацию имеющихся сотрудников. Тем самым «Ил» получил возможность увеличить количество и сложность решаемых задач при том же штате инженеров-расчетчиков.

«Обучение специалистов работе по новым методикам было проведено на высокопрофессиональном уровне, благодаря чему предприятие получило около 100 расчетчиков и конструкторов, способных эффективно применять новые технологии», — рассказывает начальник отдела методологического сопровождения прочности Максим Ерофеев



Давление воздушных потоков на обтекатель



Картина перемещений, вид спереди

#### Единой командой

«Сформированный “Аванс Инжиниринг” комплексный подход, включающий поставку программного обеспечения, подготовку расчетных методик и обучение, помогает сократить срок внедрения и минимизировать время “отрыва” сотрудников предприятия от решения реальных задач, — говорит генеральный директор “Аванс Инжиниринг” Дмитрий Мальцев. — Дальнейшее развитие и применение инженерного моделирования с использованием уже накопленной базы будет способствовать выпуску все более совершенных самолетов новых поколений с улучшенными конкурентными характеристиками».

Успешному ходу реализации проекта во многом способствовала согласованная работа объединенной команды внедрения. Определенное значение имел и фактор доверия к профессионализму и внедренческому опыту уже зарекомендовавшего себя в предыдущих работах консультанта по автоматизации. Это позволило сформировать оптимальную структуру команды и наладить эффективный рабочий

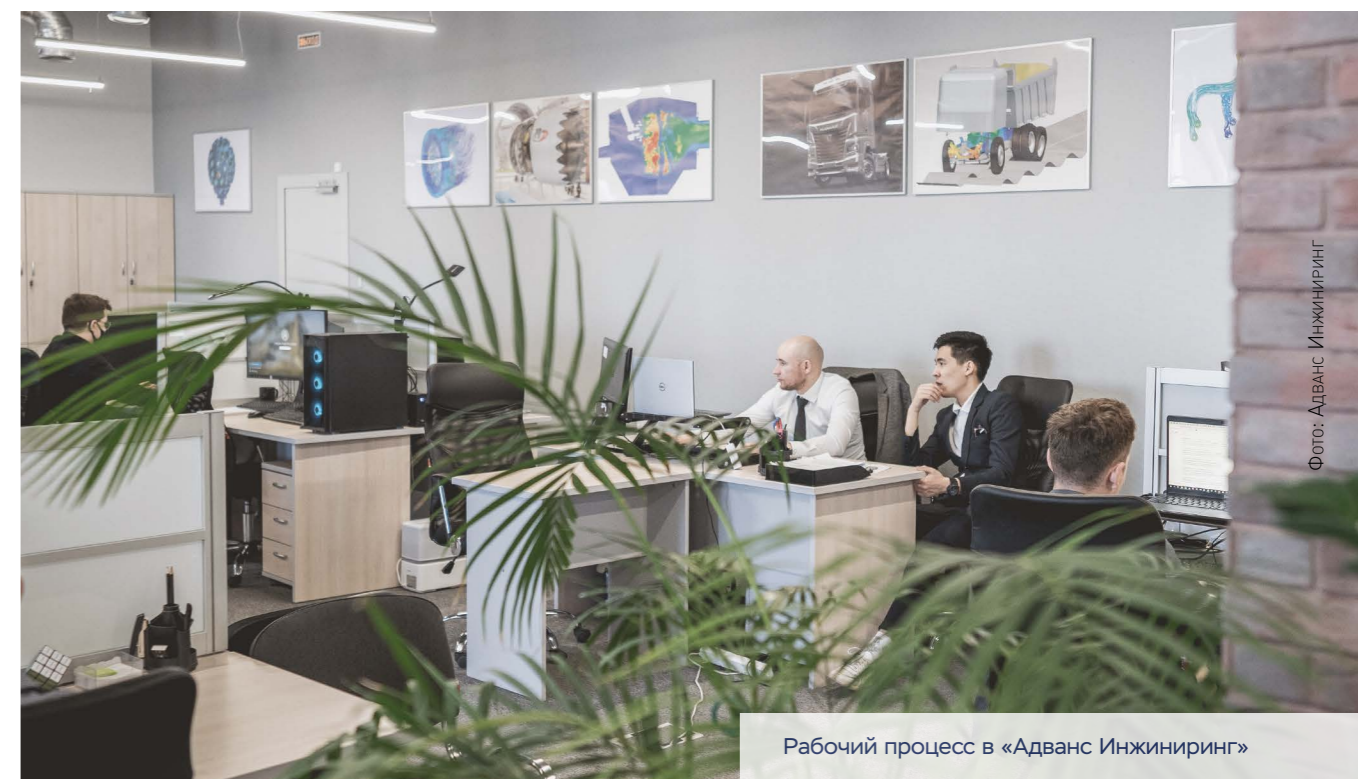
процесс. В группу внедрения с обеих сторон были введены параллельные роли руководителя проекта и руководителей отделов, курировавших работы по каждой методике. От каждого из отделов были назначены ответственные лица, непосредственно взаимодействующие со специалистами интегратора.

Сам процесс разработки новых методов расчетов имел итерационный характер и предусматривал многоступенчатый порядок уточнения техзадания в рамках каждого раздела и согласования технического отчета о выполненных по нему работах. Это гарантировало на выходе получение компанией «Ил» решения, максимально соответствующего ее задачам. Принятая схема работы сводила к минимуму вероятность конфликтных ситуаций внутри группы внедрения, возникавшие спорные рабочие вопросы решались быстро и конструктивно.

Во время реализации проекта удалось избежать сопротивления персонала, которое иногда сопровождает программы организационных изменений, и значительно облегчить адаптацию рядовых сотрудников к новым методам работы.

Этому способствовали как профессиональная компетенция «Аванс Инжиниринг» в проведении подобных работ, так и организация кампании со стороны «Ила». На роль руководителя проекта был назначен заместитель начальника ОКБ по развитию Дмитрий Усманов — квалифицированный менеджер, принципиально заинтересованный в успехе внедрения. К работе привлекались мотивированные и компетентные специалисты, понимающие, какое влияние окажет его реализация на улучшение проектно-конструкторского процесса в ОКБ.

В целом внедрение программного комплекса инженерных расчетов в ильюшинском ОКБ и организация сквозного управления проектно-конструкторскими процессами, данными расчетов и виртуальных испытаний на базе PLM-системы «Ила» позволили сделать большой шаг в осуществлении стратегических целей предприятия по дальнейшему цифровому развитию. В перспективе эти работы приведут к созданию полнофункционального цифрового двойника всех этапов разработки, производства и эксплуатации самолета. 📌



Рабочий процесс в «Аванс Инжиниринг»