

Цифровизация

на каждом этапе производственного процесса



Кирилл КОЛЕСНИКОВ,
заместитель генерального директора
по информационным технологиям и
цифровой трансформации АО «СТМ» –
генеральный директор ООО «ЦИР СТМ»



Александр САЧКОВ,
главный конструктор – руководитель
центра компетенции по разработке
локомотивов ООО «НИЦ СТМ»



Антон СКАЧКОВ,
начальник бюро расчетов
и моделирования, ООО «НИЦ СТМ»

Разработка модификаций техники в машиностроении занимает несколько месяцев, а если речь идет о создании нового образца, срок возрастает до нескольких лет. Время – ключевой фактор в любом производстве. Чем раньше продукт выйдет на рынок, тем большую экономическую выгоду получит компания. Сократить время, оптимизировать расходы и ресурсы при проектировании техники помогают цифровые технологии. «Синара – Транспортные Машины» (СТМ) на протяжении пяти лет активно применяет цифру в проектной деятельности, ежегодно увеличивая степень интеграции информационных, виртуальных процессов в производство. В чем преимущества цифровизации, реализуемой на каждом этапе производственного процесса?

Проектирование техники

Цифровизация проектной деятельности в холдинге «Синара – Транспортные Машины» началась примерно в 2017 г. вместе с внедрением PLM-системы Siemens TeamCenter и CAD-системы NX в инжиниринговом центре. Это гибкая платформа, охватывающая все процессы жизненного цикла любого изделия: от идеи и формирования требований, через создание чертежей и документации, до производства и сбора эксплуатационного опыта. Работа по внедрению и развитию данной системы продолжается

уже пять лет. Начинали, безусловно, с базового функционала для конструкторских служб – освоения 3D-проектирования и выпуска чертежей в NX, а также создания конструкторского состава изделия в TeamCenter.

Сбор проекта в цифру начинается именно с требований. Затем данные передаются на исполнительные конструкторам, которые отчитываются документацией о выполнении требований. Проект готовится и ведется в цифровом формате.

Для реализации такого подхода СТМ совместно с компанией «Ланит» активно занимается проектом «Развитие

конструкторско-технологической подготовки производства». Проект подразумевает бесшовную передачу конструкторской документации из проектного офиса на производство: после формирования требований и оформления PMI все написанное оцифровывается и завершается созданием 3D-модели. Затем она передается технологом, которые, в свою очередь, четко понимают, с чем работать и что в итоге должно получиться, – это следующий этап работы. А далее у рабочего на предприятии, в так называемом киоске, будет представлена вся необходимая информация для изготовления той или иной

детали – конструкторская документация, технология и т. д.

Такой киоск стоит в одном из цехов Людиновского тепловозостроительного завода (ЛТЗ входит в состав СТМ). Сейчас перечень деталей, изготавливаемых бесшовным способом, расширяется.

Стоит отметить, что нормативная база по созданию технологической документации была создана в 1950-х гг. Для того чтобы ее просто разобрать, нужно серьезное техническое образование. Многие молодые рабочие, когда видят технологию производства, состоящую из 40 листов без единой иллюстрации, зачастую не могут ее прочитать без ошибок, поскольку информация громоздкая и тяжелая для восприятия. Чтобы минимизировать ошибки и неправильное прочтение, документация должна быть максимально понятной и пошаговой – к этому идет весь технический мир.

Наша компания создает именно такую конструкторскую документацию, которая не позволяет людям на производстве ошибаться, что приводит в результате к сокращению брака. Однако подобный подход многократно повышает важность и трудоемкость работы конструкторов-технологов.

Во время проектирования компания СТМ сама проходит и прорабатывает промежуточные стадии создания документов, что помогает лучше продумать технологию изготовления детали. Это очень полезно, поскольку конструктор после прогона параметров детали через виртуальную среду получает функциональный вариант, который дорабатывается в изделии. Однако когда разработка попадает к технологу для оценки возможности изготовления, может оказаться, что сделать ее нельзя. То есть еще на стадии технологического контроля исключается множество нерабочих вариантов, что экономит время и ресурсы.

Цифровые технологии используются в СТМ не только для проектирования деталей

и конструкций, но и для формирования самих требований к будущей технике.

В структуре РЖД есть целые институты, с помощью которых формируют законченное видение необходимого изделия. Работа с промышленными заказчиками намного сложнее. В 90% случаев клиенты не знают, чего именно хотят: поступает запрос в виде единственного слова «локомотив». Но, как правило, локомотив – это техника, средство, инструмент, с помощью которого будет решаться «задача». Для того чтобы предложить оптимальный вариант, следует начинать с формирования требований. Не к технике, а к работе. По ме-

для начала разработки изделия. Это наше видение нужд и требований заказчика – как будет выглядеть локомотив в итоге. Прописываются все его основные параметры, комплектация, цикл разработки и постановки на производство. Далее следует согласование с заказчиком, расписываются требования для каждого исполнителя и только после этого создается 3D-модель.

В 2021 г. с использованием виртуальной среды для расчета тяговых задач была выполнена модификация одного из локомотивов для заказчика с очень специфическим перевозочным процессом. Обычным тепловозом работу выполнить было невоз-

Создание техники с внедрением новых технологий и технических решений занимает зачастую до пяти лет.

ре проработки проекта даются ответы на детальные вопросы заказчика, с дополнением и расширением требований. Если начать проектирование, руководствуясь только первоначальными вводными, то в конечном итоге заказчик может сказать, что не получил желаемого результата.

На помощь приходит программа (ПО), где можно смоделировать перевозочный процесс тепловоза. Виртуальные тяговые работы проводятся, когда у заказчика нет четкого понимания, какая техника нужна, а также при наличии специфических условий будущей эксплуатации машины. Проиграв все сценарии работы локомотива в цифре (количество груза, частота перевозок, ландшафт, инфраструктура и т. д.), СТМ предлагает несколько вариантов техники и приступает к обсуждению комплектации.

Так появляется техническое задание – базовый документ

можно. Разработка решения заняла рекордные 2,5 месяца – один из наилучших результатов по созданию модернизированной версии тепловоза. Создание техники с внедрением новых технологий и технических решений занимает зачастую до пяти лет.

Конструирование локомотивов

Раньше подход к конструированию в локомотивостроении основывался на аналитических методах расчетов и натурных испытаниях. Сначала разрабатывались образцы проектных конструкций, их производили и испытывали, затем анализировались результаты, на основе этого принимались решения по развитию изделия. В зависимости от цели испытания проводились как на натурных образцах, так и на масштабированных макетах. Основным недостатком

подхода – высокие временные и ресурсные затраты.

Аналитические методы расчетов (тогда и сейчас) позволяют достигать высокой точности результатов только при учете в используемых математических моделях всех тонкостей и нюансов конструкций. Несомненно, это всегда сопровождается существенным усложнением мате-

привести за короткий срок множество цифровых экспериментов без изготовления опытных образцов. Можно обкатать даже параметры, которые недоступны для измерений на момент конструирования. Например, оценить, как поведет себя система при экстремально низких температурах, если за окном лето. Таким образом, цифровизация

Новое направление развития расчетов – 1D-проектирование. СТМ ведет работы с коллегами по проработке таких моделей. Этот подход позволяет построить взаимосвязи всех внутренних элементов и быстро оценить влияние работы одного звена на другое. Кроме того, 1D-модель дает возможность накапливать и хранить данные, верифицировать и сверять их, при необходимости вносить корректировки и таким образом получать максимально точный результат расчетов при проектировании новой техники на самых ранних этапах. В цифровом формате собирается база знаний расчетных опытов.

Безусловно, во время проектирования при расчетах нельзя учесть абсолютно все – в реальности могут возникнуть дополнительные факторы и нюансы, которые невозможно было предусмотреть, но цифровые подходы позволяют увеличить число учитываемых параметров.

В глобальном плане продолжается процесс частичной замены испытаний высокоточными расчетами. Некоторые расчеты уже сейчас могут служить основой для принятия той или иной конструкции. Однако действующие стандарты дают такой допуск не везде – наиболее ответственные конструкции требуют приемочных и сертификационных испытаний, результаты которых напрямую зависят от корректного выбора тех или иных технических решений на стадии разработки. Кроме того, постоянно повышаются требования к изделиям, значит, будут расширяться и возможности конструирования.

Цифровые продукты в части технических расчетов интенсивно развиваются, расширяется их функционал, становятся доступными новые вычислительные возможности, оптимизируются внутренние процессы работы с программным обеспечением. Для получения высокой точности расчетов в условиях сокращения времени на проектирование изделий необходимо стараться быть на вершине этого развития.

Любая программа – всего лишь инструмент, конечный результат зависит от того, как специалист интерпретирует результаты.

матических моделей, решение которых возможно только с применением вычислительных комплексов. Приближенные аналитические расчеты не отражают всех нюансов работы изделия.

Методы, составляющие основу современных цифровых расчетов, развиваются в мире давно, с первой половины прошлого века. Правда, общедоступными их назвать нельзя. Применяли их только исследовательские институты, располагающие передовыми вычислительными станциями, а заводы строили свои разработки во взаимодействии с ними.

С развитием цифровой техники эти подходы становятся все более доступными – расчеты выполняются на персональных компьютерах, непосредственно на предприятиях. За последнее время их вычислительные мощности существенно возросли, расширился ряд решаемых с их помощью задач. Сейчас все ключевые конструкторские решения сверяются с цифровыми расчетами, по результатам которых при необходимости делаются корректировки, т. е. при разработке новых изделий проводится сложная многоступенчатая работа.

Первое очевидное преимущество такого подхода – возможность

в расчетах позволяет посмотреть на предмет конструирования и проектирования с разных сторон и оценить различные режимы работы будущего изделия.

При этом любая программа – всего лишь инструмент, конечный результат зависит от того, как специалист подготовит, настроит расчетную модель и интерпретирует результаты. Для разных расчетов (прочностных, динамических, аэродинамических и т. д.) используются свои программы, а иногда и их комбинации. Прочность, гидрогазодинамика рассчитываются в СТМ программным продуктом ANSYS. Стоит отметить программное обеспечение Брянского государственного технического университета – «Универсальный механизм», признанное всеми крупными железнодорожными институтами. Этот инструмент используется для расчета динамики экипажей. Кроме того, дополнительные инструменты, например обычный Excel, помогают решать задачи по автоматизации типовых аналитических расчетов, которые строятся на объединении большого объема данных, а их, в свою очередь, нужно обрабатывать, собирать, переводить в единый формат.

Построение жизненного цикла техники

Большинство компаний после производства и выпуска конструкции теряют или перестают использовать цифровые модели, которые создаются в рамках проектирования и при расчетах. Допустим, была произведена цифровая копия, но в дальнейшем она не работает, т. е. не насыщается данными сервиза, не происходят изменения и движения.

В СТМ цифровая копия создается конструкторами и расчетчиками на начальном этапе проектирования. В дальнейшем, при проработке, когда появляется технологическая идея, одновременно создается ее функциональная (имитационная) модель, которая позволяет определить и просчитать основные параметры. Это этап концепции, на котором нет облика изделия, но уже можно понять его состав, требования к нему и с высокой точностью (примерно 80%) оценить себестоимость техники. Условно в правой части уравнения находится весь набор нашей документации (ГОСТы, поддерживающие стандарты и т. д.), а в левой – все технические требования (задания, физические примеры). В результате по соотношению этих частей уже на этапе концепции понятны требования к конструкции, становится ясно, как именно она будет работать.

После насыщения имитационной цифровой модели историческими данными эксплуатации похожих машин появляется понимание, сколько проработает конкретный узел, каковы его ресурсы, параметры и степень надежности. То, что еще не построили, подробнейшим образом описывается на стадии задумки, поскольку известно, что и как будет функционировать.

Благодаря чему такое возможно? После производства образца изделия СТМ не бросает его, а начинает накапливать данные на цифровой модели. Системы

сбора, обработки и передачи информации, а также системы диагностики позволяют насытить модель эксплуатационными данными, и конструкторы, расчетчики видят, как модель живет в реальном мире. Как следствие, при проектировании следующих образцов специалисты, основываясь на реальных данных, не совершают ошибок, которые могли бы допустить, не владея дополнительной информацией. Кроме того, это дает возможность оптимизировать конструкцию, снизить ее себестоимость. Например, можно изменить толщину листа для заготовки – он дешевле, но по прочностным свойствам деталь не будет проигрывать.

В классической схеме проектирования машина разрабатывается на основе нормативной документации, затем расчет конструкций, технологическая обработка, производство, испытания, аналитика и возврат к началу цикла.

Сейчас проектирование основывается на исторических данных. Облик объекта после конструирования и расчетов, вместе с имеющейся опытной базой данных, подтягивается в цифровую модель – все это в конечном счете оптимизирует затраты на производство изделия.

Допустим, на основе исторических данных разработана новая машина. К работе приступают аналитики, проводят предиктивную диагностику технического состояния. Модель продолжает насыщаться в виртуальном пространстве – данными наполняется цифровой двойник. После того как реальный образец пробыл в эксплуатации столько, сколько спрогнозировала модель, полученные данные верифицируются. Это дает возможность прогнозировать отказы, разрушения, прописывать нормы на сменяемость конкретных узлов, составлять межпробежный интервал по узлам и даже оценивать качество выполненных ремонтов. Например, в пункт технического осмотра заходит подвижной состав, его ремонтируют и становится понятно, что процесс нагружения

(сигнал, получаемый от датчиков) по этому узлу не изменился. Возникает вопрос качества: почему работы произведены, но по факту ничего не изменилось?

Из настоящего в будущее

Перед СТМ стоит задача перейти на сквозной цифровой процесс конструкторско-технологического проектирования с использованием платформы PLM при разработке локомотивов и путевой техники. В частности, речь идет о пилотном внедрении единой платформы для создания цифровых двойников, проектирования и производства подвижного состава, городского транспорта и путевых машин в рамках проекта, осуществляемого при поддержке фонда «Сколково». Первым продуктом, на котором будет применен данный принцип проектирования, станет скоростная фитинговая платформа.

Если у каждого объекта будет цифровая копия, цифровой вычислитель и они будут находиться в виртуальном пространстве, то можно следить за его развитием. Машина, находящаяся в эксплуатации с цифровой копией, способна сама разработать себе план мероприятий, которые позволят оптимизировать конструкцию, повысить эффективность ее эксплуатации, сэкономить топливо.

В настоящее время в СТМ активно пользуются алгоритмами предиктивной аналитики, которые дают возможность оценивать техническое состояние и разрабатывать план мероприятий по ремонту. Начата разработка алгоритмов следующего уровня – прескриптивной аналитики, которые будут отвечать на вопросы, что и когда нужно сделать, чтобы исключить любую негативную ситуацию. Для достижения этой глобальной цели разработок, в частности, в 2021 г. Центр инновационного развития СТМ был трансформирован из инженеринговой в аккредитованную ИТ-компанию. ■