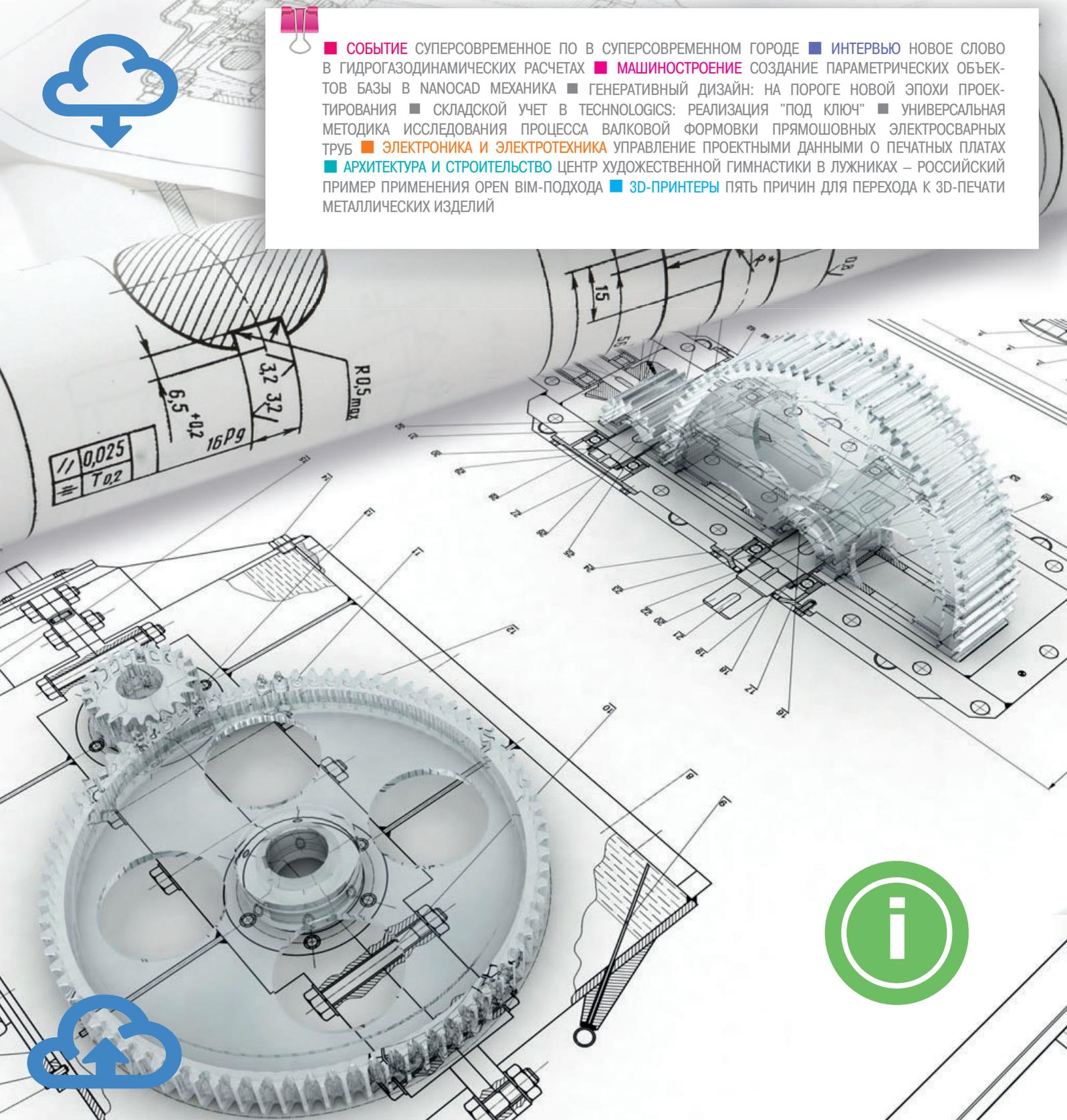


ЖУРНАЛ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ В ОБЛАСТИ САПР



■ **СОБЫТИЕ** СУПЕРСОВРЕМЕННОЕ ПО В СУПЕРСОВРЕМЕННОМ ГОРОДЕ ■ **ИНТЕРВЬЮ** НОВОЕ СЛОВО В ГИДРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ ■ **МАШИНОСТРОЕНИЕ** СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ БАЗЫ В NANOCAD МЕХАНИКА ■ ГЕНЕРАТИВНЫЙ ДИЗАЙН: НА ПОРОГЕ НОВОЙ ЭПОХИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ■ СКЛАДСКОЙ УЧЕТ В TECHNOLOGICS: РЕАЛИЗАЦИЯ "ПОД КЛЮЧ" ■ УНИВЕРСАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВАЛКОВОЙ ФОРМОВКИ ПРЯМОШОВНЫХ ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ ТРУБ ■ **ЭЛЕКТРОНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА** УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫМИ ДАННЫМИ О ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ ■ **АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО** ЦЕНТР ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКИ В ЛУЖНИКАХ – РОССИЙСКИЙ ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ ОРЕН ВИМ-ПОДХОДА ■ **3D-ПРИНТЕРЫ** ПЯТЬ ПРИЧИН ДЛЯ ПЕРЕХОДА К 3D-ПЕЧАТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ



1/	0,025
≠	T0,2



## Профессиональный полноцветный плоттер для CAD и растровой графики



**DrafStation**



**Mutoh DrafStation 42** – профессиональный полноцветный плоттер, разработанный специально для работы с архитектурными, конструкторскими, строительными, машиностроительными, а также ГИС-приложениями. Печатает на носителях, максимальная ширина которых может достигать 1080 мм (42").

DrafStation использует печатающую головку нового поколения Wide Model (CMYK, 4x360 сопел на каждый цвет), обеспечивающую высочайшее разрешение для CAD – 2880 dpi. В плоттере предусмотрены 9 вариантов разрешения печати (от 360x360 до 1440x2880 dpi). Для каждого разрешения устанавливается один из шести уровней качества/скорости. Точность печати составляет  $\pm 0,25$  мм или 0,1% при любом размере изображения. При печати на DrafStation достигается исключительная чёткость линий и фотореалистичность отпечатков с неизменными тонами, плавными переходами и широкой цветовой гаммой. За исключением чёрного цвета (Pigment) в плоттере используются чернила на водной основе (Dye), которые гарантируют превосходное качество и быструю печать чертежей на стандартных носителях.

DrafStation компактен, имеет дружелюбный интерфейс, оснащён USB 2.0 и интегрированной сетевой картой Ethernet 10/100 для обслуживания множества удалённых пользователей. В комплект поставки входит напольный стенд с корзиной.



**DrafStation Pro**



**Mutoh DrafStation Pro 42** разработан специально для работы с профессиональными CAD-приложениями, а также приложениями для визуализации, используемыми в таких областях, как промышленное проектирование, космические разработки, автомобилестроение, изготовление запасных частей, судостроение, архитектурное проектирование, трёхмерная визуализация, презентация проектов, изготовление объёмных моделей, проектирование электронного оборудования, картография, спутниковая и аэрофотосъёмка, управление активами и производственными мощностями, планировка городских и сельских населённых пунктов.

DrafStation Pro использует расширенный функционал, сохранив при этом все достоинства предшествующей модели, такие как:

- запатентованная технология волновой печати  $i^2$ , позволяющая без усилий достигать совершенного качества печати изображений (плакатов, постеров и т.п.);
- увеличенный до 220 мл объём чернильных картриджей;
- напольный стенд, комплектуемый устройством автоматической подмотки отпечатков, которое оснащено оптическим датчиком контроля натяжения.

В комплект также входят драйверы для Windows (2000, XP, Vista) и AutoCAD. DrafStation Pro поддерживается основными производителями растровых процессоров (RIP).

По всем вопросам обращайтесь к менеджерам Фирмы ЛИР. Ознакомьтесь с плоттером **Mutoh DrafstationPro** можно, посетив специально оборудованный **демо-зал** в офисе Фирмы ЛИР или **виртуальный демо-зал** по адресу [www.ler-expo.ru](http://www.ler-expo.ru)



# СОДЕРЖАНИЕ

## ■ ...и это интересно!

### ■ Событие

Волшебные точки в облаках  
и что-то принципиально новое

Суперсовременное ПО в суперсовременном городе

- 2 ■ **Интервью**  
Новое слово в гидрогазодинамических расчетах 26  
4 Моделирование реальности – неотъемлемая часть инфраструктурных проектов 30

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### ■ Платформы САПР

Работа с проблемными \*.dwg-файлами  
в среде папоCAD

### ■ Машиностроение

Создание параметрических объектов базы  
в папоCAD Механика

Новое поколение проектирования

TheeBo Tech

Обратный инжиниринг

Генеративный дизайн: на пороге новой эпохи  
проектирования

Объединенное моделирование

Ведение состава изделия – прямой  
экономический эффект

32 Универсальная методика исследования процесса  
валковой формовки прямошовных  
электросварных труб 75

Компьютерное моделирование тепловых  
и фазовых полей при непрерывном литье сляба 79

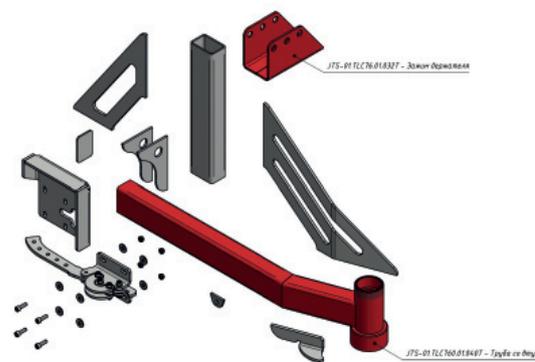
38 Комплексное решение Digimat для аддитивных  
технологий: композиционный материал, процесс  
изготовления, характеристики конструкции 84

46 Решения корпорации MSC Software  
для компьютерного моделирования технологий  
3D-печати изделий из металлов 90

52 Решения корпорации MSC Software  
для компьютерного моделирования технологий  
3D-печати изделий из металлов 90  
55  
57 ■ **Электроника и электротехника**  
60 Управление проектными данными 94  
62 о печатных платах

### ■ Архитектура и строительство

96 Центр художественной гимнастики в Лужниках –  
российский пример применения OPEN BIM-подхода



Точка опоры

Складской учет в TechnologiCS:  
реализация "под ключ"

68 ContextCapture закладывает фундамент  
крупнейшей реконструкции заброшенных объектов  
в городе Коутсвилл 103

72 Проектируем насосную станцию пожаротушения 106



## АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### ■ 3D-принтеры

Пять причин для перехода к 3D-печати  
металлических изделий

110



**Главный редактор**  
Ольга Казначеева

**Литературный редактор**  
Сергей Петропавлов

**Дизайн и верстка**  
Марина Садыкова

**Адрес редакции:**  
117105, Москва,  
Варшавское ш., 33  
Тел.: (495) 363-6790  
Факс: (495) 958-4990

[www.cadmater.ru](http://www.cadmater.ru)

**Журнал зарегистрирован**  
в Министерстве РФ по  
делам печати, телерадио-  
вещания и средств мас-  
совых коммуникаций

**Свидетельство  
о регистрации:**  
ПИ №77-1865  
от 10 марта 2000 г.

**Учредитель:**  
ЗАО "ЛИР консалтинг"

Полное или частичное  
воспроизведение или  
размножение каким бы  
то ни было способом ма-  
териалов, опубликован-  
ных в настоящем изда-  
нии, допускается только  
с письменного разреше-  
ния редакции.  
© ЛИР консалтинг.

8

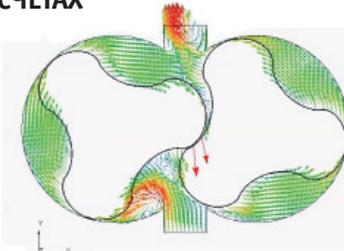
### СУПЕРСОВРЕМЕННОЕ ПО В СУПЕРСОВРЕМЕННОМ ГОРОДЕ



Конференция компании Bentley "Год в инфраструктуре" впервые прошла в финансовом и торговом центре стран Юго-Восточной Азии – Сингапуре. Потрясающее место, современные технологии, интересные проекты и многое другое...

26

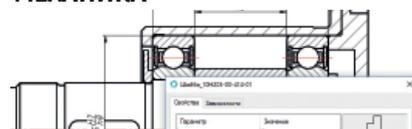
### НОВОЕ СЛОВО В ГИДРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ



Беседуем с президентом Cradle North America об истории компании, предлагаемых решениях и планах развития

38

### СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ БАЗЫ В NANOCAD МЕХАНИКА



Параметрическое моделирование обретает права нового стандарта проектирования. Предлагаемые вашему вниманию практические материалы описывают некоторые возможности работы модуля параметризации в nanoCAD Механика и могут служить кратким учебным пособием по созданию параметрических элементов.

57

### ГЕНЕРАТИВНЫЙ ДИЗАЙН: НА ПОРОГЕ НОВОЙ ЭПОХИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ



Программное обеспечение, способное самостоятельно, без участия конструктора, генерировать трехмерные модели, отвечающие заданным условиям, открывает возможность в полной мере использовать преимущества генеративного дизайна и аддитивных технологий.

72

### СКЛАДСКОЙ УЧЕТ В TECHNOLOGICS: РЕАЛИЗАЦИЯ "ПОД КЛЮЧ"

В результате внедрения программного расчета токов КЗ в филиале "Карелэнерго" получена возможность оперативно определять значения аварийных параметров в любой точке сети и в любых интересующих режимах работы. Упростилась задача расчетов сложных по конфигурации линий и линий, предусматривающих в различных режимах работы питание от разных центров. Сократилось время, затрачиваемое на расчеты токов КЗ и на определение максимальных и минимальных режимов работы сети.

75

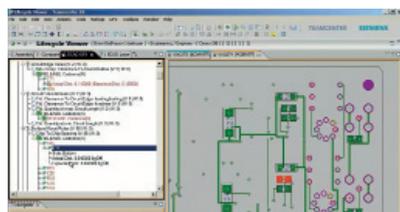
### УНИВЕРСАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВАЛКОВОЙ ФОРМОВКИ ПРЯМОШОВНЫХ ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ ТРУБ



Математическая модель на базе программного комплекса COPRA RF позволяет проводить исследование в области формообразования и давать рекомендации по проектированию технологического процесса и конструкции оборудования для производства труб и профилей.

94

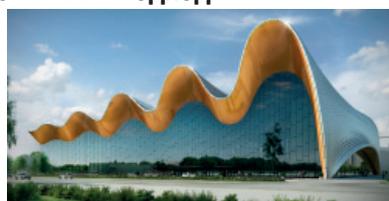
### УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫМИ ДААННЫМИ О ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ



Интеграция Teamcenter и PADS предоставляет мощные инструменты управления данными. Аппаратное и программное обеспечение печатных плат можно связать с конкретными требованиями к проекту, обеспечив возможность их отслеживания на всем протяжении жизненного цикла печатной платы.

96

### ЦЕНТР ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКИ В ЛУЖНИКАХ – РОССИЙСКИЙ ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ OPEN BIM-ПОДХОДА



Победитель всероссийского конкурса "BIM-технологии 2016" – московское архитектурное бюро "Прайд" – рассказывает об опыте проектирования спортивного объекта с помощью ARCHICAD.

110

### ПЯТЬ ПРИЧИН ДЛЯ ПЕРЕХОДА К 3D-ПЕЧАТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ



3D-печать металлом находится на пороге перехода в разряд базовых технологий. Будьте на шаг впереди – начните внедрять проекты с использованием этого метода.





## ➤ ВОЛШЕБНЫЕ ТОЧКИ В ОБЛАКАХ И ЧТО-ТО ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВОЕ

**Для тех, кто осмелится стать свободным, сбросить надоевшую повседневность, попробовать полюбить отечественную САПР, заглянуть за кулисы жизни разработчика**

"Нанософт" интригует. "Нанософт" будоражит, не дает заснуть в череде известного, понятного и предсказуемого. "Качает зал", как сказали бы о звезде родной сцены или приезжей знаменитости. Разработчик софта "качает зал"? Представьте, да. И зал его — вся страна. А страна качает папоCAD: по статистике это сделал уже каждый сотый ее житель. NANOCAD ШОУ только за прошедшую осень посетили 1750 проектировщиков в 18 городах. Впереди новые встречи — почти столько же. Размах — от Дальнего Востока до Калининграда.

Гастроли перешагнули временной экватор. Как чувствует себя звезда? Звезда чувствует себя отлично. Развезды, новые встречи и друзья, почти поклонники — лучшее средство от усталости. Интерес публики разжигает желание угодить "залу" максимально: отпечататься на сетчатке, прозвенеть в ушах, зацепиться и остаться жить в нейронных сетях, не утомить, а удивить.

Российский разработчик софта заделался звездой?.. Медийной персоной? Почему нет. Они же предупреждали: что-то принципиально новое, свежий формат. Кто уже побывал на NANOCAD ШОУ —

оценил. Шоу диктует жанровые правила. Скучно не должно быть ни при каких. "Всё за три часа, гости тоже участвуют в шоу и выигрывают" — гласят слоганы в шоу. Рынок диктует жанр. Желание стать особенным среди САПР-мастодонтов требует не только технологических "лок-

тей", но и большой пиар-изобретательности, точных движений. В ходе роудшоу точных движений было немало. Это само по себе забавный факт — шоу от САПР-разработчика. Будь бдительным, пользователь! Кое-кто нарядился в желтую майку лидера в гонке за наше вни-





мание. Еще чуть-чуть и появится слово "модный".

— Модный САПР-разработчик... Насколько это про вас? — анализируя впечатления от NANOCAD ШОУ "Расширяя границы", спросили мы директора компании "Нанософт" Максима Егорова. — Может ли технология быть модной?

— "Модный" — интересное слово... "Нанософт" уже хорошо знают в России. Популярность растет, прежде всего, благодаря потребности в наших продуктах и тому, что нам больше других удается отвечать на технологический запрос. На этом этапе нам показалось важным, чтобы nanoCAD симпатизировали по-человечески, что ли... Если хотите, это желание показать, что люди работают для людей. У нас отличная команда, хорошая творческая атмосфера. Именно этим мы хотели поделиться. Получается, что IT-компания борется не только за пользователей (ведь это бизнес), а за симпатию и теплое отношение к себе. Да, мы хотим, чтобы нас выбирали сердцем, не только головой. Поиски человеческого в предельно технологичном бренде. Отсюда открытость и доступность нашей технической поддержки, умение много и терпеливо работать с пользователями. Если говорить о нашем шоу, то мы сознательно старались сделать его живым и оригинальным. Знаете, иногда мне кажется, что по ресурсам это было сравнимо с иной технологической разработкой. Только другие инструменты и другой способ приложения сил.

Кажется, создателям шоу удалось выдержать баланс между технологической но-

визной контентом и легкостью в характере самого действия. Никаких длиннот, никаких случайно оказавшихся скучными презентаций или, упаси боже, докладов. Много веселых отбивок, много шуток, много тепла и развернутости в сторону зала. Мягкий и ненавязчивый контакт с участниками, желание разглядеть их поближе, показать, что интерес взаимный. Они, создатели шоу, и впрямь серьезно озадачились вопросами: "Зачем инженеры ходят на мероприятия? Всегда ли проектировщик должен быть серьезным?"

Зал откликается. В одном из отзывов (ищите в соцсетях по #NANOCADШОУ), например, пишут так: "...мероприятие действительно стоит внимания инженеров всех основных направлений. Шоу в Уфе было впечатляющим и не скучным. Программа насыщенная и яркая, освещен весь доступный функционал nanoCAD, демонстрировалась работа последних новинок и того, что вот-вот выйдет в свет. Подарки всем — это запомнится надолго. Весело (самая оживленная встреча из всех, на которых я был), на кофе-брейке не сэкономили, комфортный зал в достопримечательном месте".

Удалось ли авторам шоу реализовать свой план? Пока трудно сказать обо всех параметрах, ведь половина городов еще только ожидает шоу. Планы по числу участников сильно перекрыты. В Санкт-Петербурге и в Москве рекордные показатели; в городах-миллионниках число участников стабильно переваливало за сотню. Более 200 постов в соцсетях по #NANOCADШОУ. **Впереди твой город: Нижний Новгород, Пермь, Калининград, Краснодар, Ростов-на-Дону, Волгоград,**

**Белгород, Курск, Ярославль, Алматы, Астана.** Для других регионов создана виртуальная форма участия.

Люди, которые уже побывали на САПР-шоу, оставляют отзывы, делятся впечатлениями с коллегами. Спектр оттенков восприятия широкий, это нормально. Если вы, борясь со скепсисом, еще раздумываете, то мы назовем несколько опорных точек, на которых будет строиться действие. Всегда есть те, кто не любит сюрпризов и желает получить четкое описание предстоящего события. Таким напомним, а вновь интересующимся расскажем, что выступления команды "Нанософт" раскрывают следующие темы:

- Вся правда о ядре nanoCAD
- Анонсы новых продуктов: nanoCAD Облака точек 1.0 и nanoCAD Plus 8.5
- Почему мы тратим 250 миллионов рублей в год на разработку
- Существует ли российский BIM или это миф
- Лайфхаки для повседневной работы инженера в nanoCAD
- DWG, IFC, работа с растровыми подложками, 3D-навигация, облака точек
- 3D-проектирование промышленных объектов на базе Model Studio CS
- Импортзамещение
- Как зарабатывать с помощью nanoCAD

Десять живых демонстраций за три часа с небольшим перерывом, подарки и сюрпризы, атмосфера живого обмена, плотность и новизна контента. Темы первого ряда, самое свежее и новое от разработчика российской САПР-платформы.



Перейдем к деталям. Заслуживает внимания работа с DWG-форматом. Это одна из фишек платформы. Технология обросла полезными и приятными функциями в разделе шрифтов, чистки чертежей, заметно улучшены и упрощены операции сохранения и передачи. Едем дальше — соответствие отечественным стандартам. nanoCAD изначально разрабатывался под российские стандарты и проекты. Не адаптировался к ним по ходу продвижения на рынке, как это происходит с западными системами, а настраивался на них в корне своем, в основе. Работа в контакте с пользователями, которых команда "Нанософт" называет соавторами, дает эффект максимального соответствия желанием наших проекти-

ровщиков. Это реализовано в том числе и в открытости платформы для любых пользовательских доработок. Открытый API — плацдарм и для вашего творчества, если захотите. Возможно, ваш интерес расширится настолько, что вы станете частью команды "Нанософт", а для начала примкнете к участникам клуба разработчиков nanoCAD. С 2011 года, когда открыли программный интерфейс nanoCAD, в клубе зарегистрировались около 4000 человек. Как правило, это не профессиональные программисты, а проектировщики, создающие небольшие утилиты для автоматизации рутины в собственной работе. Из таких утилит, написанных для себя, выросли многие коммерческие продукты.

Начнете с клуба разработчиков — и не успеете заметить, как окажетесь в одной лодке с теми, кто развивает платформу изнутри. То есть станете сотрудником "Нанософт". О возможности такого развития событий говорят на каждой встрече компании. На шоу вы, конечно, увидите команду не в полном составе. Но ключевые фигуры вам точно запомнятся.

Дмитрий Попов — один из родоначальников компании, создал уникальное выступление о ноосфере Вернадского, о ее реальном воплощении, о безопасности в хрупких проницаемых стеклянных домах с прозрачными границами, коими являются информационные технологии. О том, что экономика практически полностью зависит от информационных





технологий, и без всеми любимого САПР ничего не будет построено, ничего не поедет и не взлетит. Про риски и санкции, про переход госсектора на отечественный софт и про то, каким спасательным кругом оказывается nanoCAD, все продукты которого уже в Реестре отечественного программного обеспечения. Вывод прост: развивай свое — это и есть импортозамещение. Пользователь получает профессиональный инструмент по более низкой цене, а деньги, которые он заплатил за этот инструмент, остаются в стране и будут использованы в том числе для оплаты труда российских программистов. Нам кажется, что вот эта мысль должна согреть тех, кто отправится на шоу, чтобы присмотреться к команде, возможно, как к будущему месту приложения своих талантов.

Помните главный слоган шоу — "Расширяй границы"? О том, что в формате шоу герои нашего рассказа эти границы реально раздвинули, мы уже рассказали. Но самый скептический скептик скажет — и где технологическая новизна? Действительно, nanoCAD — это просто инструмент для разработки и выпуска рабочей документации, правда, теперь уже с функциями универсального трехмерного проектирования, навигацией в трехмерном пространстве, импортом различных данных. Но есть у команды "Нанософт" и два новых направления, которые являются, по сути, передним краем науки и человеческой мысли, привязанным к задачам проектирования. Речь идет о том, что в будущем существенно изменит системы проектирования. Это трехмерное сканирование

и волшебный мир работы с облаками точек. Если вы дойдете до места, где проходит шоу, то узнаете, что разобраться с огромным массивом пространственных данных помогут средства навигации, которые предлагает платформа nanoCAD (свободная орбита, проход, облет), а также специальные средства для обработки облаков точек.

ВМ — о, сколько в этом слове для проектировщика... запуталось вконец. На шоу вам подарят вполне трезвый взгляд, расчищают завалы восприятия, вылечат от иллюзий. И при этом не утомят! Вот что важно. Подробно остановятся на инженерном ВМ. Дмитрий Щуров в своем выступлении не стал говорить о разнообразии взглядов на ВМ. Он поделился концепцией "Нанософт". Стоит прийти хотя бы для того, чтобы задать свои острые вопросы, если вы не согласны. Не всё, что говорится со сцены в рамках даже нескучного шоу, надо смиренно проглатывать. Идите и спросите разработчиков, как вам в своем проектно бюро реализовать технологию ВМ на платформе nanoCAD. Пусть отвечают на конкретные вопросы. Будьте дерзкими с дерзкими.

Кстати говоря, покажут реальный проект, сделанный с использованием ВМ-технологии. В жилищном строительстве. Успеют рассказать и об инструментах для проектирования в промышленном строительстве. Российская комплексная система трехмерного проектирования Model Studio CS — одно из любимых детищ группы компаний. "Нанософт" сумел охватить все этапы жизненного цикла объекта: проектирование, строительство, эксплуатацию. Использование Model Studio CS позволяет реализовать самые разные проекты: от простых установок до заводов и перерабатывающих производств.

В этом месте программы станет интересно даже ярым оппонентам "Нанософт". Чтобы досмотреть этот сюжет до конца, стоит пожаловать на шоу, где серьезность перемешана с шуткой, инженерная мысль свободно движется и способна на самоиронию, где вас точно порадууют чем-то особенным.

А главное:

**Уже в 14:00 вы будете совершенно свободны и полны сил (а не как обычно после конференций).**

*Анонсировано расписание NANOCAD ШОУ 2018: Нижний Новгород, Пермь, Калининград, Краснодар, Ростов-на-Дону, Волгоград, Белгород, Курск, Ярославль, Алматы, Астана. Не ждите, когда места закончатся, это произойдет быстрее, чем вы думаете.*



## ➤ СУПЕРСОВРЕМЕННОЕ ПО В СУПЕРСОВРЕМЕННОМ ГОРОДЕ

**В** 2017 году ежегодная конференция Bentley Systems "Год в инфраструктуре", на протяжении нескольких последних лет проходившая в Лондоне, была организована в Сингапуре. И это неслучайно. Во-первых, Сингапур, финансовый и торговый центр стран Юго-Восточной Азии, переживает настоящий строительный бум. Во-вторых, многие из проектов конкурса Be Inspired 2017 разработаны компаниями из стран Азии. В-третьих, отель Marina Bay Sands, где проходила конференция, проектировался с помощью ПО Bentley и был представлен на одном из предыдущих конкурсов Be Inspired.

И сам город-государство, и отель Marina Bay Sands привели в полный восторг. Экзотика, гармонично сочетающаяся с современными технологиями, великолепные архитектурные решения, невероятная чистота, приветливые люди — всё это Сингапур.

Но, чтобы не отвлекаться от деловой и технической информации, пока оставим лирические отступления (информацию о Сингапуре и отеле Marina Bay Sands вы найдете в цветных врезках).

Конференция Bentley "Год в инфраструктуре" собрала ведущих специалистов в области проектирования, строительства и эксплуатации инфраструктурных объектов. За день до ее начала журналисты были приглашены в ресторан

на крыше пятидесятиэтажной башни отеля, чтобы пообщаться с ключевыми докладчиками и полюбоваться вечерним Сингапуром.

Мероприятие стартовало на следующий день выступлением Грега Бентли (Greg



Конференцию посетили более 400 специалистов



Генеральный директор Bentley Systems Грер Бенгли

Bentley), генерального директора Bentley Systems. Он сообщил, что в 2015 году авторами Глобального отчета об информационных технологиях на Всемирном экономическом форуме Сингапур был назван самым технологически продвинутым государством. При реализации и эксплуатации инфраструктурных объектов страна использует инновационные технологии, в том числе программное обеспечение Bentley Systems.

В рамках многих проектов Bentley Systems долгие годы участвует в развитии инфраструктуры Юго-Восточной Азии. Mass Rapid Transit (MRT) – сингапурское метро – начинает использовать программное обеспечение Bentley Optram для моделирования, анализа и обеспечения поддержки принятия решений при обслуживании своих ресурсов. Земельное управление Сингапура

Сингапур – островное город-государство, расположенное на площади, втрое меньшей площади Москвы. Страна полностью лишена природных ресурсов, но, несмотря на это, за последние 30 лет Сингапур совершил огромный рывок в развитии – от бедной страны третьего мира до одного из самых развитых государств, входящих в тройку лидеров по размеру среднедушевого ВВП.

Одни называют этот город современной Утопией, другие – средоточием экзотики, а третьи просто восхищаются невероятными чудесами его архитектуры.

В Сингапуре реализован новый тип городского пространства. За 45 лет в стране высадили 2 млн деревьев. Самый впечатляющий пример озеленения города – роща футуристических супердеревьев (или сверхдеревьев, как называют их сингапурцы). Это доминирующие в ландшафте древовидные структуры на основе металлических конструкций высотой от 25 до 50 м. Современные технологии позволяют имитировать экологическую функцию деревьев. Фотогальванические элементы, накапливающие солнечную энергию, применяются для освещения. Собираемая дождевая вода используется в фонтанах. Супердеревья также выполняют ветрозаборную и вытяжную функции как часть системы охлаждения теплиц. Эти вертикальные сады служат и для затенения. Гигантские металлические конструкции полны жизни. На них высажены различные виды выюнов и других растений.

Сингапур – самое чистое и самое безопасное место на планете, где система общественного транспорта безупречна, люди соблюдают законы, а уличная преступность практически отсутствует. Добиться таких результатов удалось по большей части благодаря тотальному контролю со стороны государства и суровых наказаний за правонарушения. Широко практикуется смертная казнь, причем не только за тяжкие, по европейским понятиям, преступления (убийства, изнасилования, похищения людей), но и за неоднократное воровство, и особенно за любые преступления, связан-

ные с наркотиками. Законодательно предусмотрены и телесные наказания – удары палкой. Их можно получить, например, за предположение взятки полицейскому или за азартные игры (они в стране полностью запрещены), за вандализм. Чистота в современном Сингапуре возведена в настоящий культ. Штрафы в городе внушительные:

- курение в закрытых помещениях (автобусах, лифтах, метро и т.д.) – 1000 SGD;
- еда или питье в транспорте – 500 SGD;
- проезд на велосипеде по наземному или подземному переходу – 1000 SGD;
- ввоз жевательной резинки (в Сингапуре она под запретом) – 1000 SGD;
- плевки – 1000 SGD;
- мусор, брошенный мимо урны – 1000 SGD.

За переход дороги в неполюженном месте придется расстаться с 500 SGD, на столько же опустошит ваш кошелек кормление птиц. Проиригнорировавшему кнопку спуска в туалете такая "забывчивость" обойдется в 150 SGD.

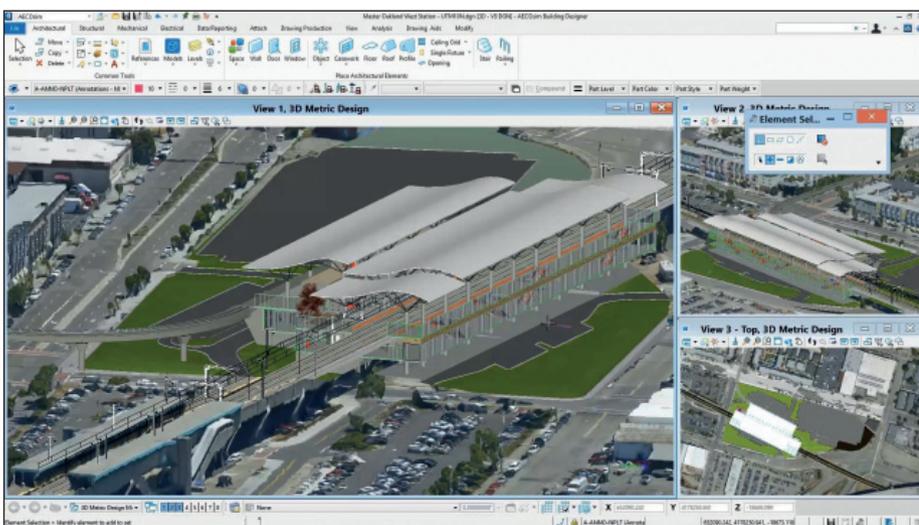
Для понимания: 1 SGD – это 42 руб.

Причем штрафы прогрессивные. Например, за брошенный мусор штраф составит 1000 SGD при первом нарушении, 2000 – при втором и 5000 – при третьем и последующих.

Сингапурское экономическое чудо превратило государство в мировой финансовый центр. Но забота об окружающей среде здесь проявляется и в небольшом количестве автомобилей. Причина отсутствия пробок – в очень высокой стоимости машин и огромных расходах для любого соискателя прав на управление транспортом.



Футуристические супердеревья



OpenRail Designer CONNECT Edition

применяет программное обеспечение Bentley для создания в высоком разрешении и поддержки трехмерной модели всей страны в рамках инициативы Smart Nation. Эта трехмерная модель будет охватывать площадь более 700 квадратных километров и включать в себя подробные карты, рельеф, поверхности, здания и дороги. Правительственные учреждения планируют использовать эти данные при эксплуатации инфраструктуры, планировании и управлении рисками.

Грег Бентли рассказал о важнейших событиях, произошедших в жизни компании в 2017 году.

Главными стратегиями Bentley Systems он назвал работу в цифровом формате (going digital) и повсеместное использование средств моделирования реальности. Важным изменением стала масштабируемость BIM: теперь эта технология внедряется не на уровне зданий, а на уровне целых городов. Предусмотрены различные виды сценариев. Файлы имеют минимальный размер. Огромные объемы информации хранятся в облаках.

AECOsim Building Designer CONNECT Edition от Bentley прекрасно справляется с проблемами масштабирования BIM для крупных проектов. Приложение предназначено для крупных и/или сложных проектов строительства, которые обычно сталкиваются с проблемами объединения площадной и линейной инфраструктуры (например, автомобильных и железных дорог, коммуникационных сетей и т.д.). Среди работ, поданных на конкурс Bentley Be Inspired в 2017 году, 63 проекта были выполнены с использованием AECOsim, 15 из них прошли в финал. Проекты были самыми

разнообразными: строительство мостов, аэропортов, олимпийских объектов, горнодобывающих предприятий, морских установок, коммунальных систем, объектов энергетики, коммуникационных сетей и систем водоочистных сооружений. В конкурсных работах использовалось ПО GenerativeComponents – часть AECOsim Building Designer, предназначенная для итеративного проектирования с учетом ограничений и связей между объектами (результат применения этих возможностей – оптимизация качества и эффективности проекта). AECOsim Building Designer CONNECT Edition объединяет работу архитекторов, конструкторов и инженеров в рамках одного приложения и повышает масштабируемость благодаря использованию комплексной среды моделирования CONNECT Edition.

Также Грег Бентли представил решение OpenRail, которое включает в себя приложения и услуги для комплексного планирования, проектирования, реализации проектов и эксплуатации железнодорожной и транзитной инфраструктуры. В основу OpenRail положена единая среда данных (CDE) Bentley, которая совместно используется сервисами для распределенной работы ProjectWise и AssetWise. При разработке OpenRail это позволило объединить цифровые компоненты и цифровой контекст с помощью цифровых рабочих процессов. Приложения OpenRail включают программу OpenRail ConceptStation, предназначенную для концептуального планирования и проектирования железных дорог. Программа OpenRail Designer, которая выходит в 2018 году, будет предна-

значена для детального и 3D-проектирования железнодорожных путей, контактной сети, тоннелей, мостов и связанной с ними гражданской инфраструктуры. Для комплексного моделирования железнодорожных станций пользователям OpenRail будет доступен AECOsim Station Designer.

Руководитель Bentley Systems сообщил, что компания завершила перевод портфеля приложений для проектирования, анализа, строительства и эксплуатации инфраструктурных объектов на платформу CONNECT Edition. Комплексная среда моделирования CONNECT Edition гарантирует согласованные цифровые рабочие процессы в приложениях для всех разделов проектирования, справляясь с задачами даже самых сложных инфраструктурных проектов.

Грег Бентли анонсировал приложение для детализации конструкций ProStructures CONNECT Edition. Приложение, разработанное опытными инженерами-проектировщиками, включает в себя ProSteel и ProConcrete – ведь железобетонные конструкции являются важной частью проекта. ProStructures эффективно генерирует точные трехмерные модели металлических и железобетонных конструкций, позволяет создавать рабочие чертежи КМ, КМД, КЖ и таблицы спецификаций, которые автоматически обновляются при изменении трехмерной модели. Приложение также совместимо с предложенными компанией Bentley Systems инструментами моделирования реальности, благодаря чему реализована возможность объединять проект с моделью окружающей инфраструктуры на протяжении всего цикла проектирования и строительства.

Анонсировано появление новой версии ProjectWise CONNECT Edition с облачными сервисами, предоставленными Microsoft Azure. Услуги на основе Azure дополняют прекрасно зарекомендовавшее себя решение ProjectWise Design Integration, которое поддерживает совместную работу инженерных команд и может быть развернуто в качестве облачного сервиса или в любой гибридной комбинации. Посредством общей платформы Azure проектные организации, использующие как новые "365 Services" ProjectWise CONNECT Edition, так и Microsoft Office 365, будут получать всё больше преимуществ от внедрения цифровых процессов, что позволит серьезно повысить производительность этих компаний. Наряду с "365 Services" общая среда данных Bentley, используемая со-

вместно с ProjectWise и AssetWise, теперь включает в себя сервисы Components Center, ContextShare, ConstructSim Completions и iModelHub.

Очень заинтересовала информация о намерении Bentley приобрести португальскую компанию Action Modulers – разработчика ПО для исследований влияния наводнений на населенные пункты. Еще ни одна покупка не оказалась для компании неудачной, а все приобретенные технологии сразу же интегрировались в существующую линейку ПО. Пожелаем Bentley скорейшего освоения нового продукта.

В завершение Грег Бентли рассказал о сотрудничестве с компанией Bureau Veritas и ее новейших разработках в области облачных сервисов для моделирования и управления активами. В современном мире многие объекты инфраструктуры быстро устаревают. Решающую роль в обеспечении безопасности, продлении срока службы объекта и повышении его эффективности приобретают инспекции. Используя ПО Bentley, Bureau Veritas предлагает клиентам передовые технологии для проведения более интеллектуальных инспекций на основе моделирования активов.

Вслед за Грегом Бентли выступил руководитель отдела информационных технологий компании Siemens Хельмут Людвиг (Helmuth Ludwig). Он рассказал о совместных проектах Siemens и Bentley Systems.

Один из основателей Bentley Systems, Кит Бентли (Keith Bentley), представил облачную платформу iModel 2.0 и ее первый сервис iModelHub, призванный ускорить процесс перехода на цифровые технологии пользователей сервисов ProjectWise Design Integration. iModel – новый формат данных: "контейнер", хранящий информацию о модели, кото-

Marina Bay Sands – один из шедевров мировой футуристической архитектуры. Грандиозный отельный комплекс построен в центральном районе Сингапура, на берегу Marina Bay. Комплекс представляет собой отель и казино. Отель состоит из трех башен высотой 200 метров (55 этажей), вершины которых соединяются террасой в виде гондолы, где расположен "Скай парк" – развлекательный комплекс со смотровой площадкой, тропическим садом, ресторанами, джакузи и знаменитым столятидесятиметровым панорамным бассейном. В комплексе 2561 гостиничный номер, два больших театра, выставочный центр, огромный торговый молл, двадцать ресторанов, два ледовых катка и даже Музей науки и искусства.

На нижнем этаже торгового центра – каналы с мостиками, по которым проплывают гондолы. Это делает отель похожим на маленькую Венецию.

Начало строительству было положено в 2006 году, когда компания Las Vegas Sands победившая в конкурсе проектов, получила право возвести этот грандиозный комплекс, который стал символом Сингапура. Открыт отель был в 2010-м, с опозданием на год, что связано с очень высокой стоимостью материалов. Части комплекса открывались постепенно, а окончательно строительство Marina Bay Sands было завершено в 2011 году, одновременно с запуском лазерного шоу.

Постройка обошлась инвесторам в 8 миллиардов долларов. Это самый дорогой отдельно

стоящий отель в мире. И один из крайне немногих объектов, которые привлекли столь впечатляющие объемы инвестиций.

Спроектировал гостиницу архитектор Моше Сафди, который, по его словам, нашел базовую идею при взгляде на колоду карт. Дизайн гостиницы одобрен мастерами фэн-шуй.

Генеральный подрядчик – компания Arup Singapore Pte Ltd. Проект информационного моделирования строительных конструкций комплекса стал победителем конкурса Bentley Be Inspired 2010 в Амстердаме (номинация "Инновации в строительстве").

Говоря об отельном комплексе, нельзя не отметить Музей науки и искусства. Он выполнен в виде огромного лотоса с десятью лепестками, самый большой из которых возвышается над землей на 60 метров. Цветок удерживают десять наклоненных к центру колонн, что создает иллюзию "парения" здания над окружающим пространством. У основания цветка разбит пруд с гигантскими лотосами и небольшими рыбками. При создании музея были использованы современные достижения науки и смелые архитектурные решения. Лепестки лотоса выполнены из металлического каркаса, обтянутого гибким полимерным материалом, ранее применявшимся только в кораблестроении. На высоте 35 метров устроена крыша с отверстием, через которое дождевая вода устремляется водопадом через все три музейных уровня. Из нижнего бассейна воду забирает водо-

проводная система, позволяя использовать ее для хозяйственных нужд. Каждый из десяти лепестков увенчан панорамными окнами, которые аккумулируют естественные свет и тепло. Экономия энергии составляет более 25%. С высоты птичьего полета сингапурский музей науки и искусства напоминает раскрытые в приветственном жесте ладони – это еще раз подчеркивает его открытость всему новому и современному. Выставочные залы разной конфигурации располагаются на трех уровнях. Всего насчитывается 21 зал общей площадью 6 тыс. м<sup>2</sup>. Для сравнения: Государственный исторический музей в Москве размещается на площади в 4 тыс. м<sup>2</sup>. Здание музея разделено на три части: "Любопытство", "Вдохновение" и "Экспрессия". Выставочные галереи посвящены искусству, технологиям, истории, архитектуре, мировой культуре, дизайну, СМИ и не только. В этих галереях можно увидеть самые известные и удивительные произведения науки и техники, когда-либо созданные человеком. Изобретения Леонардо да Винчи соседствуют здесь с последними достижениями нанотехнологий и роботостроения. Часть экспонатов представлена в привычном физическом исполнении, а часть в виде мультимедийного контента.

Проект музея также участвовал в конкурсе Be Inspired (2011 год, номинация "Инновации в генеративном дизайне") и был представлен в финале.



Отель Marina Bay Sands



Музей науки и искусства



Руководитель отдела информационных технологий компании Siemens Хельмут Людвиг (слева) и старший вице-президент по программному обеспечению компании Bentley Systems Бупиндер Сингх

рый могут использовать заказчики, субподрядчики, контролирующие организации. Облачный сервис iModelHub позволяет синхронизировать изменения в модели, публикует все изменения проекта в графике работ и, основываясь на конфигурации рабочего процесса ProjectWise, уведомляет о наличии соответствующих изменений. Участники проекта могут синхронизировать свою работу с учетом графика выполнения работ, а также визуализировать, анализировать и интерпретировать влияние текущих изменений. Платформа iModel 2.0 была разработана с целью систематизации цифрового контента, обеспечения подотчетности и синхронизации изменений, а также предоставления иммерсивной наглядности. В ходе конференции была представлена ключевая презентация Bentley, продемонстрировавшая рабочие процессы для цифровых городов, обеспеченные портфелем приложений CONNECT Edition. Четыре краткие технологические презентации посвящались проектированию, строительству и эксплуатации аэропортов, автомобильных и железных дорог, систем водоснабжения и водоотведения. Они проиллюстрировали взаимодействие и взаимозависимость приложений для разработки дорог, генплана, коммунальных, строительных и промышленных активов, а также сотрудничество на основе цифровых технологий между междисциплинарными командами, которое благодаря портфелю CONNECT Edition стало возможным при разработке даже самых

сложных и многогранных проектов. Дастин Паркман (Dustin Parkman), вице-президент по гражданскому строительству и моделированию реальности, представил цифровые рабочие процессы CONNECT Edition для проекта дороги: от ТЭО до строительства. Стартовой точкой обзора была интеграция цифровой



модели ситуации в OpenRoads ConceptStation, начиная с высокоточных сеток реальности фактического рельефа, подготовленного с использованием ContextCapture и переданного в приложение через ContextShare. Затем докладчик представил ортофото, цифровые модели рельефа и облака точек, которые будут использоваться в сочетании с классической съемкой. Благодаря цифровой модели ситуации он быстро создал интерактивный предварительный проект с указанием расходов. Затем, перейдя в OpenRoads Designer для детального проектирования, включил цифро-

вую модель ситуации, геометрию из предварительного проекта вместе с мостом, разработанным в OpenBridge Modeler CONNECT Edition, и геологию вдоль фундаментов и свай моста. Следующим шагом г-н Паркман проанализировал взаимосвязанные элементы моста и целостность других конструкций во время проектирования дороги и иных сооружений. Далее был представлен цифровой рабочий процесс для строительства через объединение ПО ProjectWise CONNECT Edition и облачных сервисов Topcon Magnet Enterprise — с демонстрацией возможностей OpenRoads при управлении автономной дорожной машиной. В заключение г-н Паркман показал выполненные дроном Topcon снимки построенной автомагистрали и, используя Topcon MAGNET Enterprise, занес эти данные в облако обработки фотографий ContextCapture Cloud, чтобы создать максимально точную сетку реальности для управления дорожной сетью, технического обслуживания и проведения инспекций с помощью AssetWise.

Джереми Шаффер (Jeremy Shaffer), вице-президент по решениям для железных дорог, представил новый программный продукт OpenRail, рассматривая проект железной дороги от этапа ее планирования и до эксплуатации. Он подчеркнул важность контроля качества оперативных требований на начальном этапе проекта и системного проектирования в качестве основы для цифровых рабочих процессов при реализации проектов сложных железнодорожных систем. Г-н Шаффер начал с ТЭО, передавая цифровую модель ситуации, созданную с помощью ContextCapture, в OpenRail ConceptStation и применяя компоненты из Components Center (Центра компонентов) для интерактивного проектирования участка пути. Затем он задействовал AECOSim Station Designer для проектирования сложной железнодорожной станции. Легко скоординировал станцию с детальным проектом генплана, созданным посредством OpenRail Designer, чтобы обеспечить наглядность общей схемы и оптимальное сочетание формы и функции. Изменения в платформе, коммуникациях, дорогах и столбах осуществлялись параллельно с проектированием моста, тоннеля, пути, электрификации и СЦБ с использованием комплексной среды моделирования ПО CONNECT Edition для реализации полностью функциональной стан-



Во время работы выставки. На стенде Topcon

ции. Затем г-н Шаффер, используя Navigator Web, сначала рассмотрел в не требующем установки ПО браузере большую трехмерную модель спроектированной станции и участка дороги, а затем интерактивно изучил трехмерную модель для операционного контроля. В заключение он представил новый облачный сервис ConstructSim Completions (это программное решение будет применяться при вводе построенных объектов в эксплуатацию) и цифровую модель ситуации железной дороги для оперативного использования в AssetWise.

Роберт Манковски (Robert Mankowski), вице-президент по эффективности активов, начал свое выступление с демонстрации работы в приложениях WaterGEMS и SewerGEMS CONNECT Editions, чтобы выполнить симуляцию поведения водораспределительной сети, а также системы сбора сточных вод и показать, как инженеры могут быстро оценить тысячи возможных сценариев, оптимизируя свою работу и точно прогнозируя будущие потребности города. Сосредоточив внимание на очистных установках, г-н Манковски представил решение OpenPlant Modeler CONNECT Edition, которое использует для многодисциплинарных рабочих процессов цифровые компоненты из Components Center, и выполнил при помощи обычного веб-браузера интерактивный запрос большой и сложной трехмерной модели OpenPlant (использовался Navigator Web). Затем докладчик продемонстрировал новые возможности

AssetWise, предназначенные для проектирования, связанного с водоканалами, а также для регистрации мероприятий или внеплановых проектных работ, включая обследование состояния при помощи видеонаблюдения, очистку труб и многое другое. Владельцы инфраструктуры могут использовать эти данные в сочетании с геопривязкой и анализом сетей для принятия аналитических решений, оптимизации затрат и операционных издержек. Г-н Манковски также сообщил, что AssetWise теперь использует услуги машинного обучения от Microsoft Azure, чтобы помочь владельцам найти в своих данных необходимую конструкцию, выявить аномальное поведение и предсказать будущие результаты на основе предыдущей работы. Наконец, он показал, как данные датчиков объединяются в реальном времени с имитационными моделями, которые призваны помочь операторам в прогнозировании будущего поведения системы.

Техническую презентацию, посвященную аэропортам, предложил Энди Смит (Andy Smith), директор по управлению продуктами, проектному моделированию. Г-н Смит объяснил, почему именно многодисциплинарные цифровые рабочие процессы CONNECT Edition идеально подходят для решения вопросов функционального зонирования территории, проектирования аэродрома, терминала и вспомогательных объектов. Г-н Смит начал с формирования цифровой модели ситуации с использованием

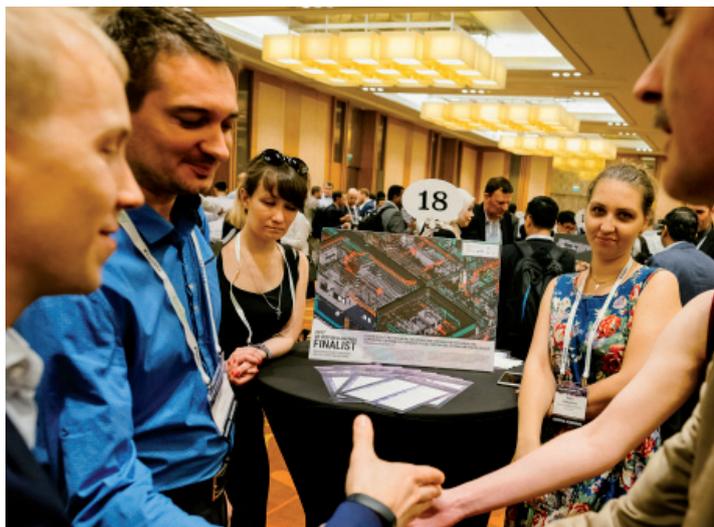
ContextCapture. Он создал строительный генеральный план и проект планировки территории для строительства аэропорта, продемонстрировав способность Bentley Map CONNECT Edition объединять данные ГИС и BIM. Затем он применил OpenRoads Designer для детального проектирования взлетно-посадочных полос и управления водоотведением. Что касается самого терминала, использовался GenerativeComponents AECOSim Building Designer CONNECT Edition – для изучения уникальных инновационных форм здания и выбранной конструкции, которые были смоделированы и проанализированы с помощью STAAD CONNECT Edition. Критическая оценка проекта выполнена с помощью Navigator Web – докладчик интерактивно изучил крупные и сложные модели в браузере. Окончательный вариант проекта представлен с потрясающим реализмом благодаря использованию AECOSim Building Designer и функциям интегрированного ПО LumenRT.

Все время работы конференции была открыта выставка партнеров Bentley, на которой свои новейшие достижения представляли Topcon, Bureau Veritas, Siemens, Microsoft.

Помимо ключевых презентаций, посвященных мировым тенденциям развития инфраструктурной отрасли, технологических демонстраций, отраслевых форумов и панельных дискуссий, в рамках деловой программы конференции свои презентации представили финалисты конкурса Be Inspired.

В 2017 году на конкурс было подано 409 заявок из более чем 50 стран. 49% проектов выполнены в Азии, 29% в Америке, 22% в Европе. В финал вышел 51 проект из 19 стран. Среди финалистов по 12 компаний представляли США и Китай, было множество проектов из стран Азии – Гонконга, Малайзии, Сингапура, Камбоджи, Индии, Филиппин, Тайваня, Омана.

Россию представляли ПАО "Гипротюмнефтегаз", заявивший в номинации "Информационное моделирование объектов промышленного строительства" проект трехмерной информационной модели Центрального пункта сбора нефти (ЦПС) Новопортовского месторождения, и ООО "Волгограднефтепроект" – его проект разработки электротехнических устройств и систем для комплексов месторождения им. В. Филановского (Каспийское море, Астраханская область) боролся за первенство в номинации "BIM-инновации в горной



ООО «Волгограднефтепроект». Презентация проекта разработки электротехнических устройств и систем для комплексов месторождения им. В. Филановского



ПАО «Гипротюменьнефтегаз». Презентация трехмерной информационной модели Центрального пункта сбора нефти (ЦПС) Новопортовского месторождения



North Caspian Operating Company N.V. (Казахстан). Презентация проекта по управлению контролем коррозии нефтепромыслового оборудования месторождения Кашаган в Северном Каспии и на производственном объекте «Болашак»

промышленности и освоении морских месторождений».

Еще одним финалистом, за которого болели все русскоговорящие участники конференции, была компания из Казахстана North Caspian Operating Company N.V., представлявшая в номинации «ВИМ-инновации в управлении промышленными объектами и объектами коммунального хозяйства» проект по управлению контролем коррозии нефтепромыслового оборудования месторождения Кашаган в Северном Каспии и на производственном объекте «Болашак» (Атырауская область).

Победителей определили отраслевые эксперты, составившие десять независимых команд жюри. Почти все награды достались проектам из Азии: награды получили шесть китайских компаний, по две малайзийских и гонконгских, по одной из Омана, Индии и Камбоджи. Среди победителей, представлявших другие части света, – только два участника из Великобритании и по одному из США и Бразилии. Результаты подтвердили факт, известный и прежде: наиболее бурное развитие инфраструктуры происходит сегодня именно в азиатском регионе.

Еще шесть участников отмечены призами за особые достижения. Основание для получения этой награды – уникальность инновационных достижений в ходе реализации проектов, выходящих за рамки категорий конкурса Be Inspired. Комиссия, состоящая из руководителей Bentley, рассмотрела проекты-номинанты и оценила их на основе критериев, установленных для каждой категории.



Победители конкурса Be Inspired 2017



Крис Барон исполняет песню на церемонии награждения победителей конкурса Be Inspired

К сожалению, на сей раз российские участники не вошли в число победителей. Хотя, на мой взгляд, их проекты и презентации соответствовали самому высокому мировому уровню, и каждый из них был достоин награды.

Конференция завершилась торжественной церемонией награждения, в ходе которой и были объявлены проекты-победители. Крис Барон (Chris Barron) спел замечательную песню, посвященную компании. В перерывах между объявлением победителей на сцене появлялся огромный дракон, управляемый двумя десятками сингапурских артистов. Незабываемым было и выступление барабанщиков. Конференция удалась на славу!

Хочу выразить огромную благодарность компании Bentley за возможность побывать на таком грандиозном мероприятии.

*Ольга Казначеева*



Дракон и дракончик в исполнении сингапурских артистов



# ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА BE INSPIRED 2017

## BIM-инновации в строительстве мостов

Long Jian Road & Bridge Co., Ltd.

Мост через реку Амур между городами Благовещенск и Хэйхэ  
(Хэйхэ, провинция Хэйлуцзян, Китай)



项目名称: 黑龙江大桥总拼.dgn - V8i DGN - MicroStation (Not for Commercial Use)

项目基本信息

建设单位	黑龙江（科德尔河）公路大桥
建设规模	6.5km x 9225m <sup>2</sup>
负责人	徐浩
开工时间	2016年11月01日
计划完工时间	2019年10月02日
已开工天数	175
剩余天数	892

进度统计

名称	设计量	累计完成	完成率
设计	05	0	0%
现场	9	0	0%
采购	9	0	0%
核算	183	81	44.26%

投资信息

名称	投资金额 (万元)
设计金额	365
采购金额	104
采购总金额	369
计划金额	246
已采购未计划	168
完成金额	110

桥墩

名称	投资金额 (万元)
桥墩	365
桥墩	104
桥墩	369
桥墩	246
桥墩	168
桥墩	110

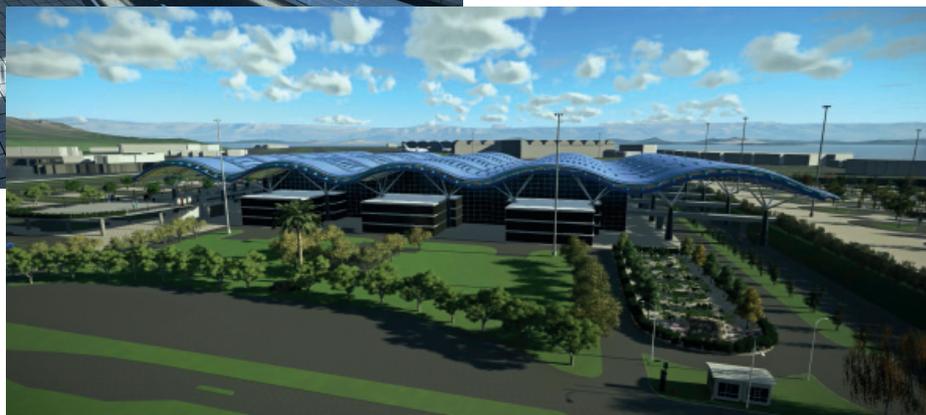
## ВМ-инновации в строительстве зданий и кампусов

Morphosis  
**Bloomberg Center**  
(Нью-Йорк, США)



## ВМ-инновации в промышленном строительстве

Leighton Asia  
**Проект транспортного узла Hong Kong Boundary Crossing Facilities, Мост Гонконг**  
Чжухай (Макао, Гонконг)



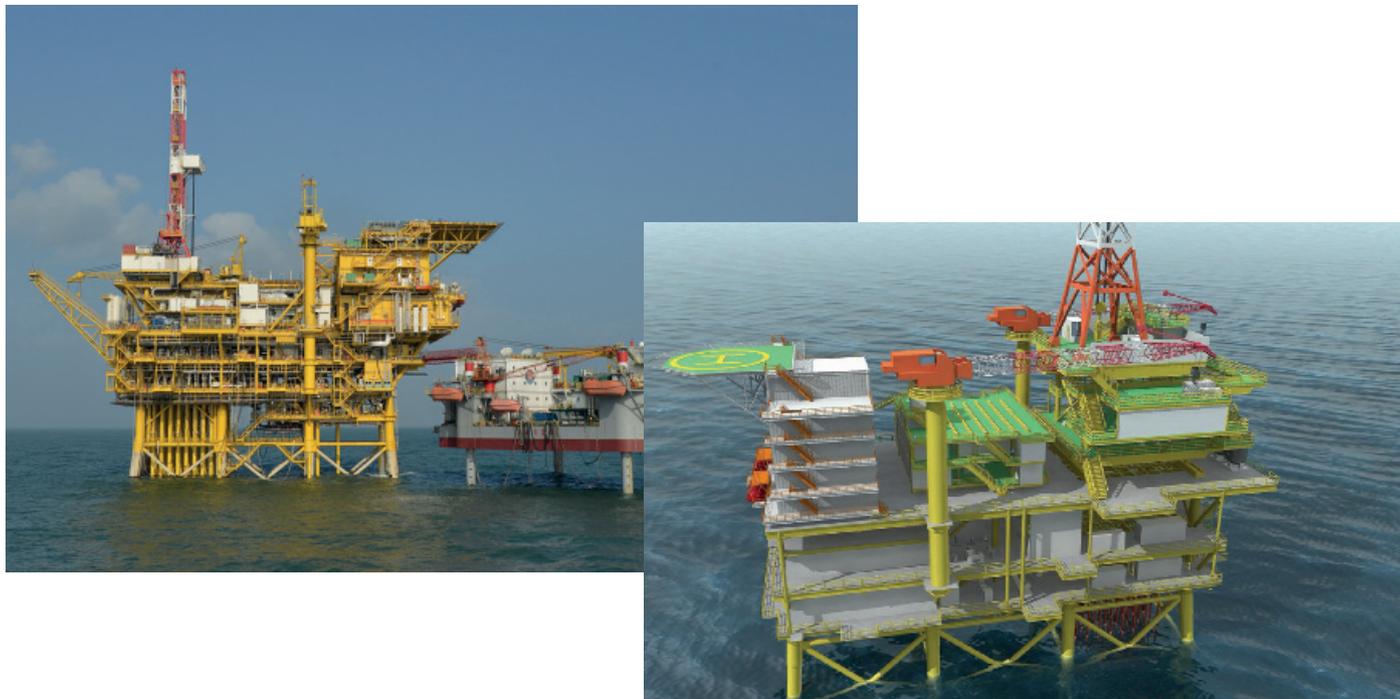


## ВМ-инновации в горной промышленности и освоении морских месторождений

Offshore Oil Engineering Company Limited

Разработка нефтяного месторождения и создание  
ПО "Фиксированный инструмент проектирования морских конструкций"

(Тяньцзинь, Китай)



## ВМ-инновации в эксплуатации муниципальных объектов

Huadong Engineering Corporation Limited, PowerChina

Применение ВМ-технологий для развития муниципальной инфраструктуры Шэньчжэнь Цяньхай

(Шэньчжэнь, провинция Гуандун, Китай)



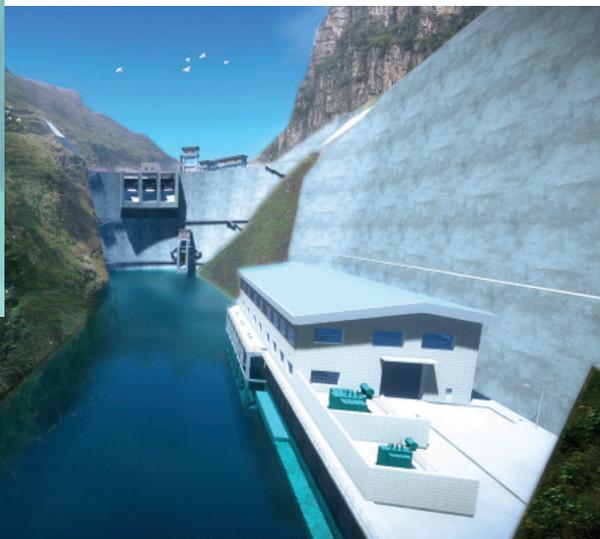
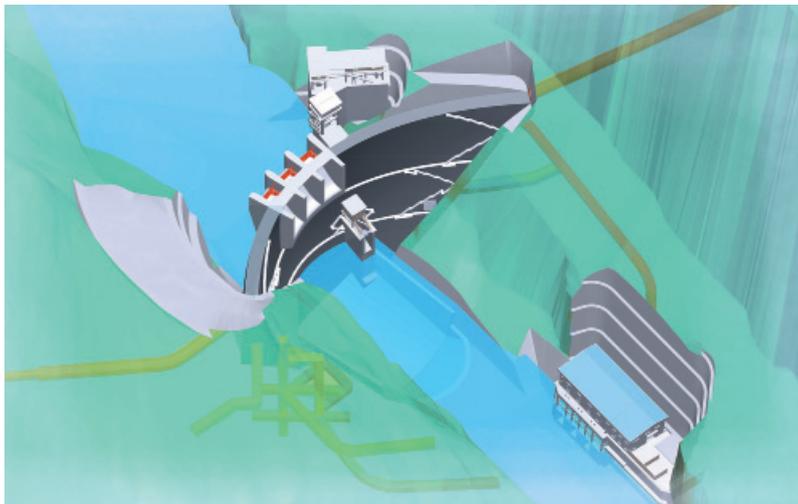


### ВМ-инновации в технологических предприятиях и энергетике

China Water Resource Pearl River Planning Surveying & Designing Co., Ltd

**Проект водохранилища Wugachong в Pu'an County в провинции Гуйчжоу**

*(Pu'an County, Qianxinan Buyei and Miao Autonomous Prefecture, провинция Гуйчжоу, Китай)*

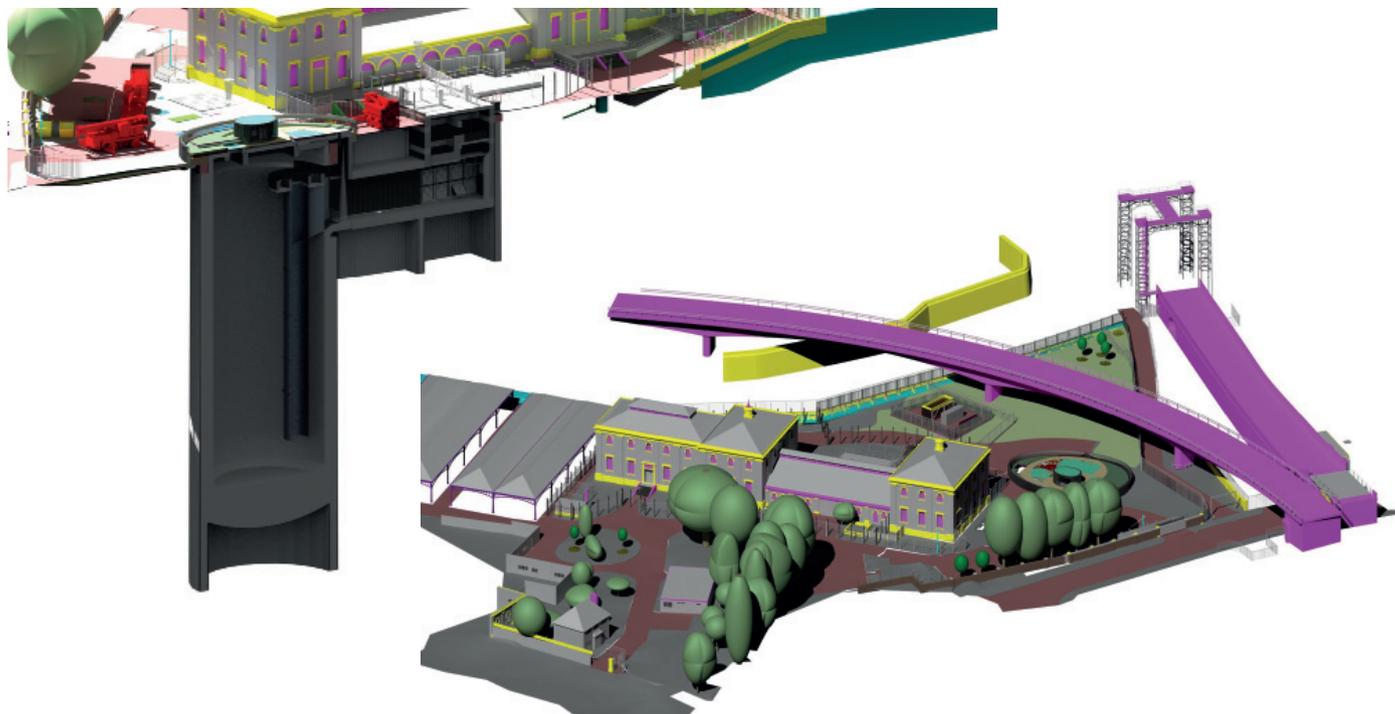


### ВМ-инновации в реализации проектов

Mott MacDonald and the Costain, VINCI Construction Grands Projets,  
Bachy Soletanche Joint Venture

**Восточный участок тоннеля на реке Темза**

*(Лондон, Великобритания)*



## ВМ-инновации для железных дорог и транзитных перевозок

Mass Rapid Transit Corporation Sdn. Bhd.

Линия высокоскоростной железной дороги в долине Кланг

(Куала-Лумпур, Малайзия)



## ВМ-инновации в моделировании реальности

CEDD-AECOM – The Earth Solutions

Проектирование участка дороги Anderson

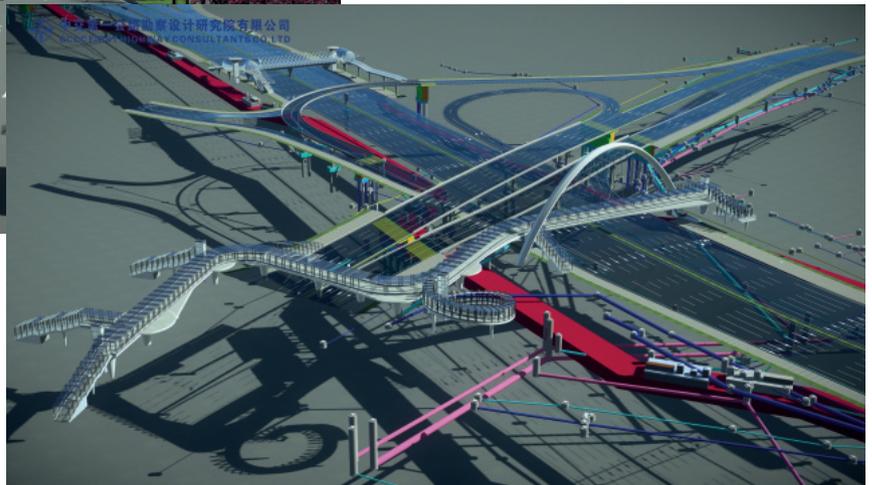
(Гонконг)



## ВМ-инновации в строительстве автомобильных дорог

CCCC First Highway Consultants, Co., Ltd.

Применение стратегии ВМ при реконструкции скоростной автомагистрали Мейгуан (Шэньжэнь, провинция Гуандун, Китай)



## ВМ-инновации в управлении объектами дорожной и железнодорожной инфраструктуры

Highways England

Система управления загруженностью дорожной сети (NOMS: Network Occupancy Management System) (Strategic Road Network, Великобритания)

The screenshot displays the NOMS interface with several key components:

- Search Panel:** Includes filters for 'Event Type' (e.g., Road Works, Road Closure) and 'Event Status' (e.g., Published, In Progress).
- Network Overview:** A map of the UK showing the strategic road network with color-coded segments.
- Project Details Panel:**

Event Number	0000000001	Event Type	Programmed Road Works	Date From	01/01/2017
Event Status	Published	Event Title	WALSLEY ROAD	Event Start	14/05/2018 08:30
Planned Start	14/05/2018 08:30	Planned Complete	21/06/2018 08:30	Actual Start	
Actual Complete	21/06/2018 08:30	Actual Complete		Actual Complete	
- Network Details Panel:**

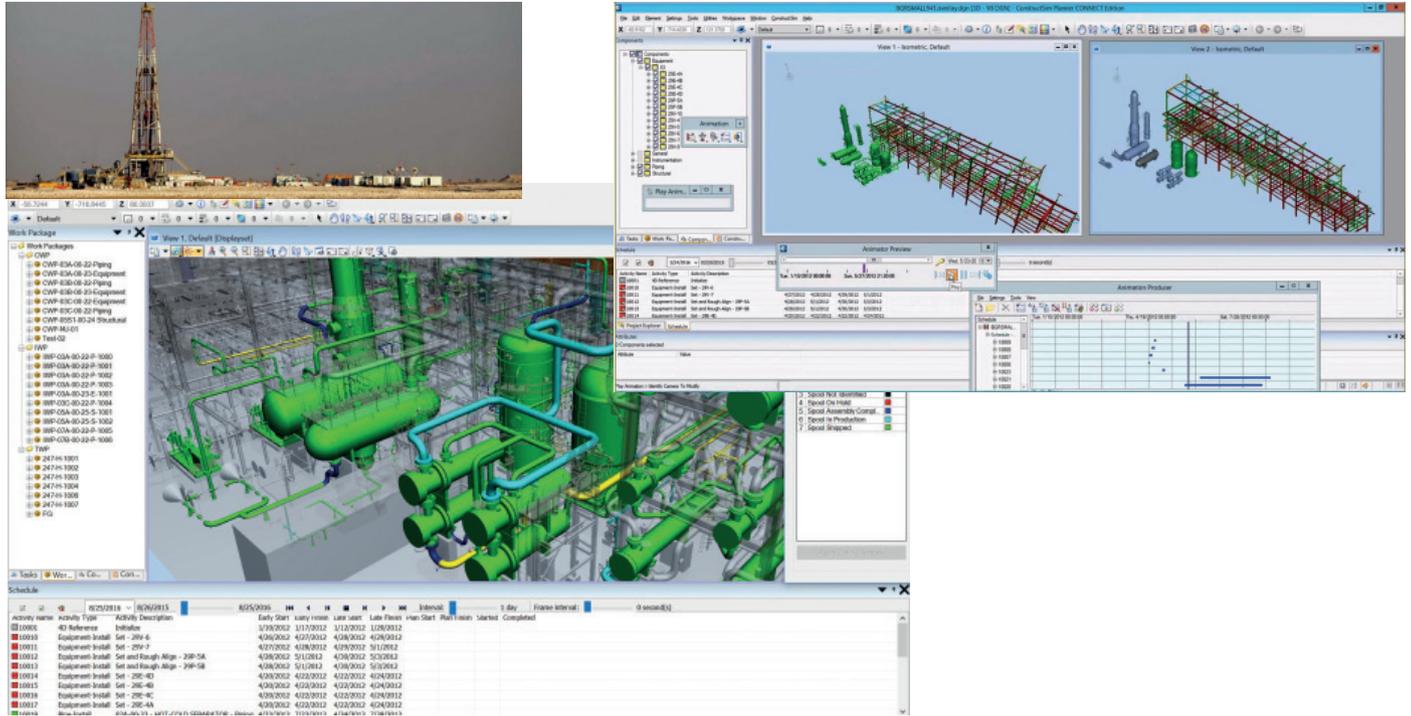
Worked Duration	0h	Planned Duration	12h
Severity	0	Distribution	Yes
Number of Works	1	User Responsible	32374
Entry	Start (from 11:00)	Agency Ref	00000-0000
Mobile Lane Closure	Yes	Agency Route List	100
Mobile Lane Closure	Yes	Agency Route List	100
- Monitor Panel:**

Event Number	Event Type	Event Status	Description	Planned Start	Planned Complete
0000000001	Major Scheme	Published	Current works from 10:17 morning until 10:17 evening on 14/05/2018. Road works on WALSLEY ROAD from 10:17 AM to 10:17 PM on 14/05/2018. All works are to be completed by 10:17 PM on 14/05/2018.	14/05/2018 10:17	14/05/2018 10:17

## ВМ-инновации в управлении промышленными объектами и объектами коммунального хозяйства

ВР

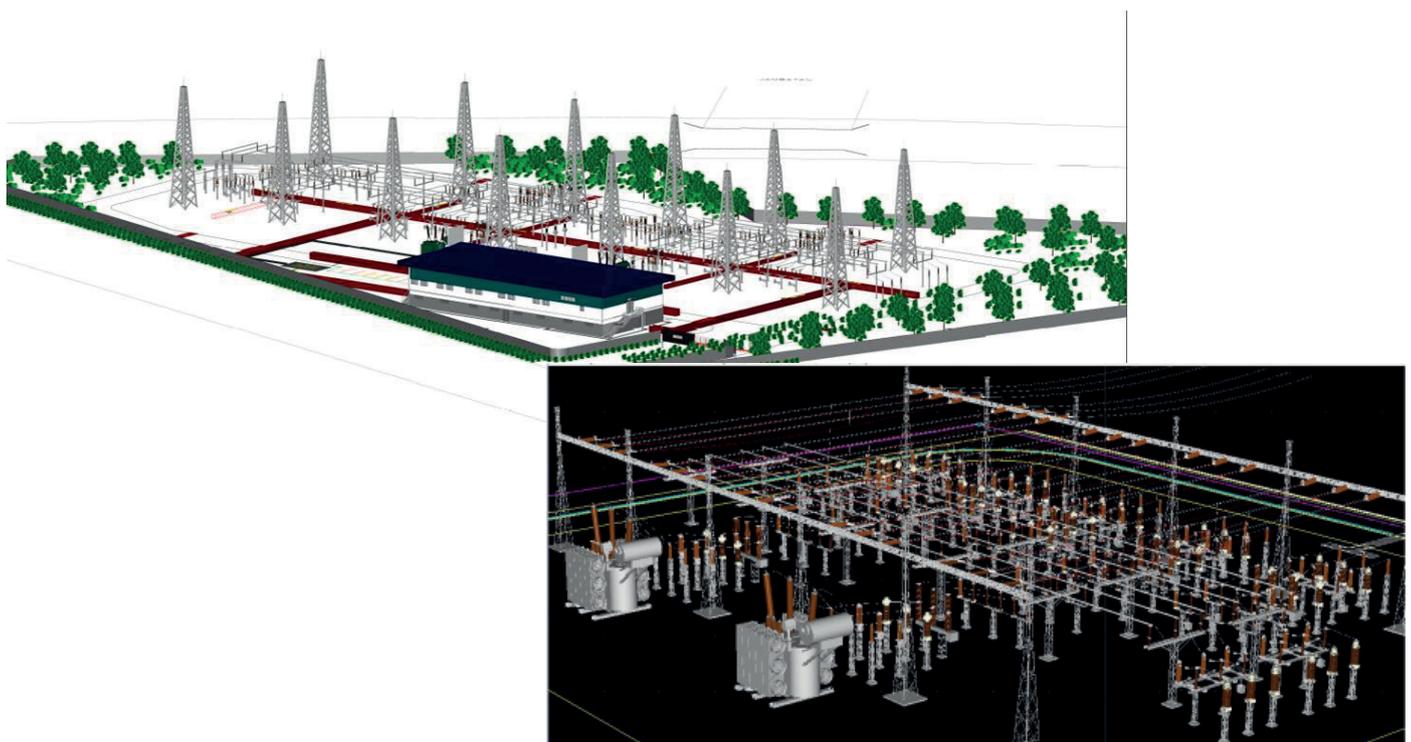
Центральное хранилище информации месторождения Хаззан  
(Месторождение Хаззан, блок 61, мухафаза Эз-Захира, Оман)



## ВМ-инновации в передаче и распределении энергетических ресурсов

Pestech International Berhad

Автоматизация и интеграция работ по проекту подстанции  
(Крати и Кампонгтям, Камбоджа)



## ВМ-инновации для сооружений водоподготовки и водоочистки

Пекинский институт водных ресурсов (Beijing Institute of Water)  
 Водопроводная станция Тунчжоу для проекта "Поворот китайских рек"  
 по переброске вод реки Янцзы на север  
 (Пекин, Китай)



## ВМ-инновации для внешних водопроводных сетей

AEGEA  
 генеральный план AEGEA Prolagos Sewerage 2041  
 (Регио-дус-Лagos, Рио-де-Жанейра, Бразилия)



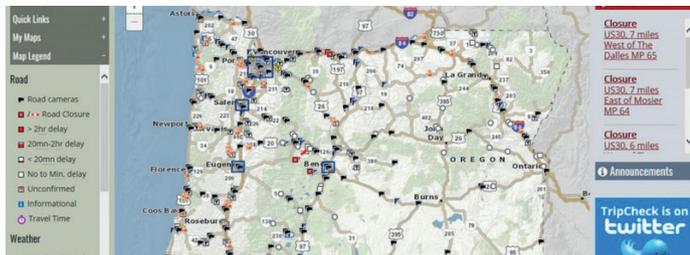
# Be Inspired 2017: награды за особые достижения

## Инновации в управлении информацией об активах

Oregon Department of Transportation – TransInfo

Создание объединенной среды данных транспортной инфраструктуры

(Салем, Орегон, США)



## Инновации в конструировании (Constructioneering)

China Construction Sixth Engineering Division,

Технологический университет Тяньцзинь,

Tianjin Tianhe-Cloud Building Engineering Technology Co., Ltd

Проект реконструкции аэропорта г. Санья

(Санья, провинция Хайнань, Китай)



## Инновации в комплексной реализации проектов BIM

Институт планирования и проектирования гидроэнергетики Гуандун (Guangdong Hydropower Planning & Design Institute)

Проект по распределению водных ресурсов дельты реки Чжуцзян в провинции Гуандун

(Провинция Гуандун, Китай)



## Инновации в инспекционировании (Inspectioneering)

SEIKEY Enterprise Drone Solutions

Инспекции вышек сотовой связи 4G и 5G

(Каринно-Пертузелла, Варезе, Италия)



## Инновации в разработке концепций (Conceptioneering)

HNTB Corporation

Проект модернизации I-94

(Детройт, Мичиган, США)



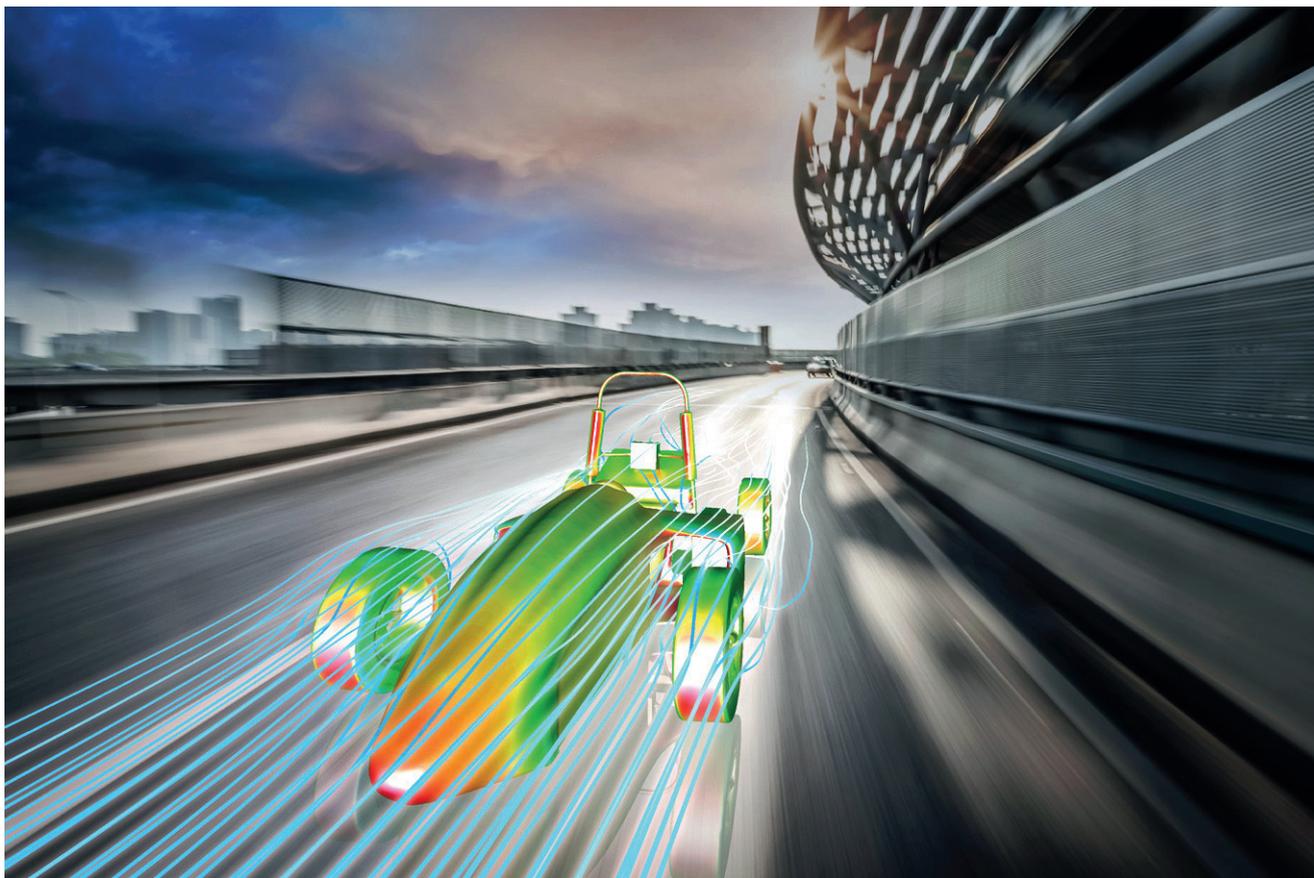
## Инновации в эксплуатации (Operationeering)

Outotec

Проект по обеспечению надежности в схеме противоточной декантации (CCD)

(Хельсинки, Финляндия)





## ➤ НОВОЕ СЛОВО В ГИДРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ



**В** рамках визита в Москву президента компании Cradle North America (подразделение MSC Software) Юя Андо (Yuya Ando) нам удалось побеседовать с ним об истории компании, предлагаемых решениях и планах развития.

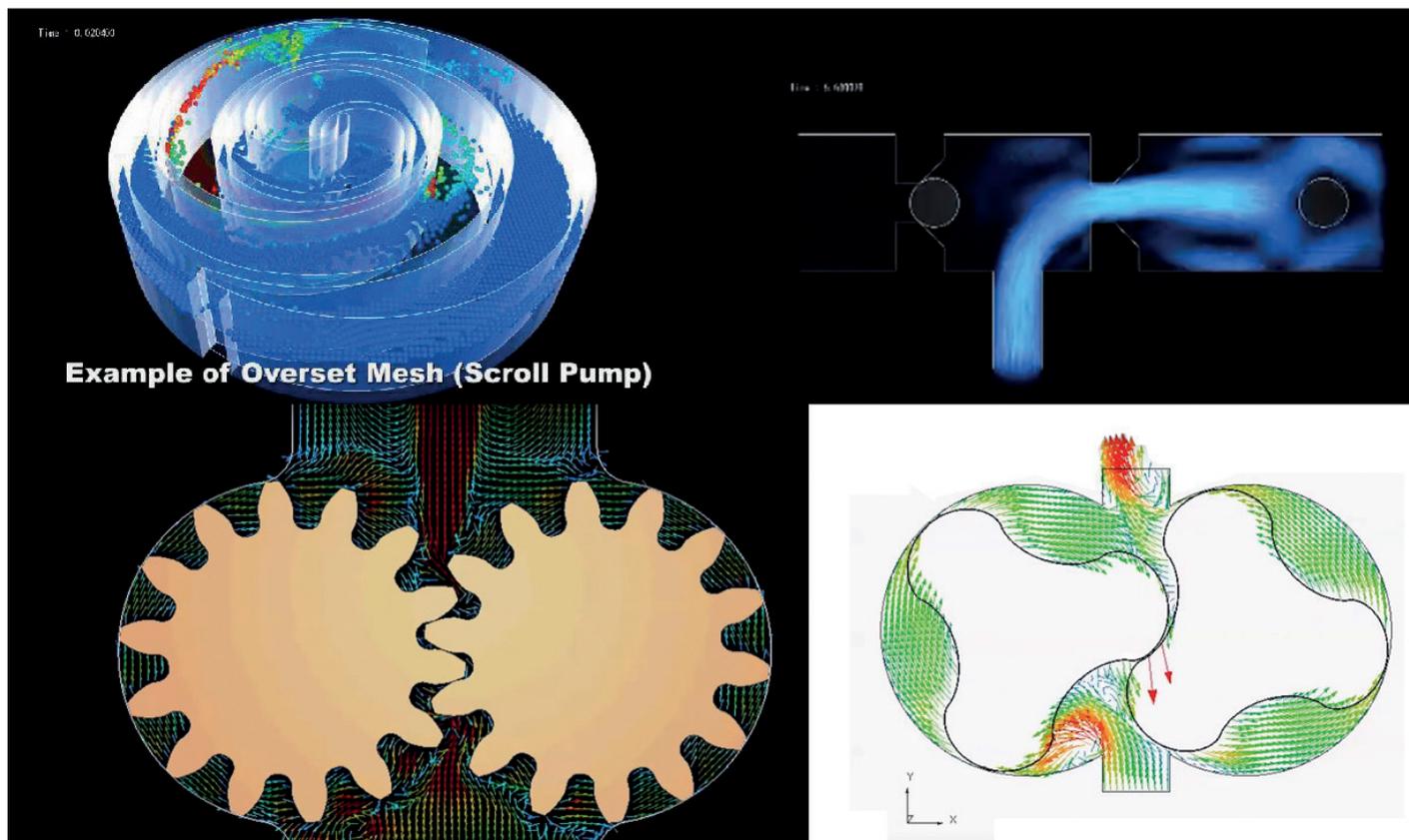
*Г-н Андо, давайте начнем с истории. Расскажите, пожалуйста, как появилась идея создания компании Cradle.*

Компания существует с 1984 года. Мы заметили, что многие крупные корпорации стали интересоваться компьютерным моделированием для проведения инженерных расчетов (CAE) и анализировать расчетные компьютерные технологии, оценивая возможность их применения в производственном процессе. Отвечая на эту заинтересованность, группа

инженеров основала компанию Cradle, целью которой стала дальнейшая разработка программного обеспечения для инженерного анализа. Первые запросы, которые получила компания, касались гидрогазодинамики (CFD). Поскольку в то время в Японии не было коммерческого программного обеспечения для решения задач CFD, компания решила сфокусироваться именно на разработке и развитии этого направления.

*Как давно компания представлена на международном рынке?*

Свою деятельность на международном рынке компания Cradle начала с работы с несколькими дистрибьютерами в 2001 году. В 2008 году мы открыли представительство в США. Это было переломным моментом, хотя из-за мировых финансовых трудностей актив-



ная, в полную силу работа на рынке США началась только в 2011-м.

*А как складывались отношения с российским рынком?*

На этот рынок мы вышли лишь когда компания Cradle вошла в состав корпорации MSC Software. До этого мы не продали российским компаниям ни одной лицензии.

*Вы предлагаете множество решений. Какие из них наиболее востребованы и почему?*

Наше программное обеспечение можно разделить на три группы: SC/Tetra (scFLOW), scSTREAM (Heat Designer) и PICLS.

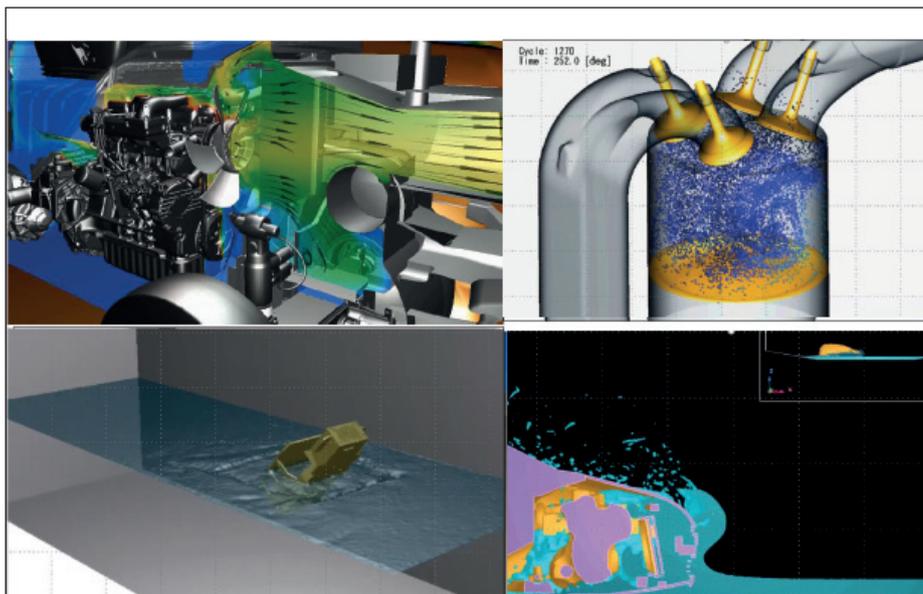
Первые две группы востребованы в равной степени, поскольку области их применения различны. SC/Tetra в ос-

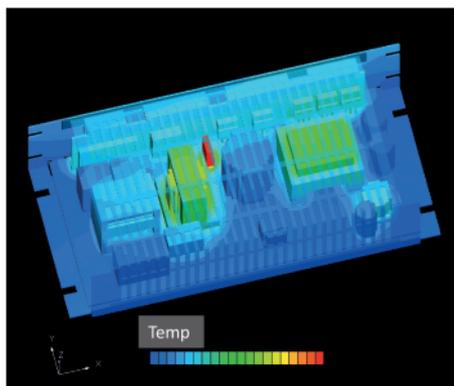
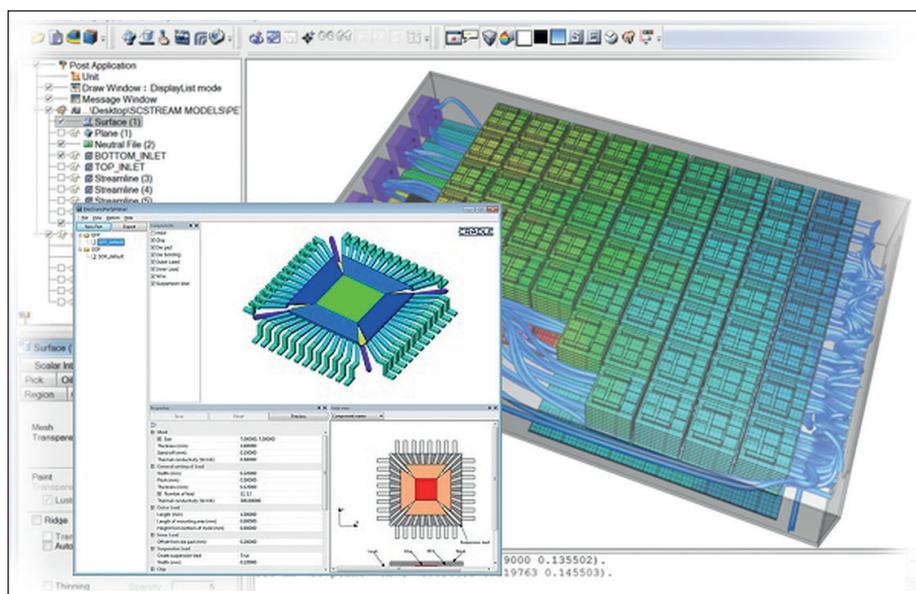
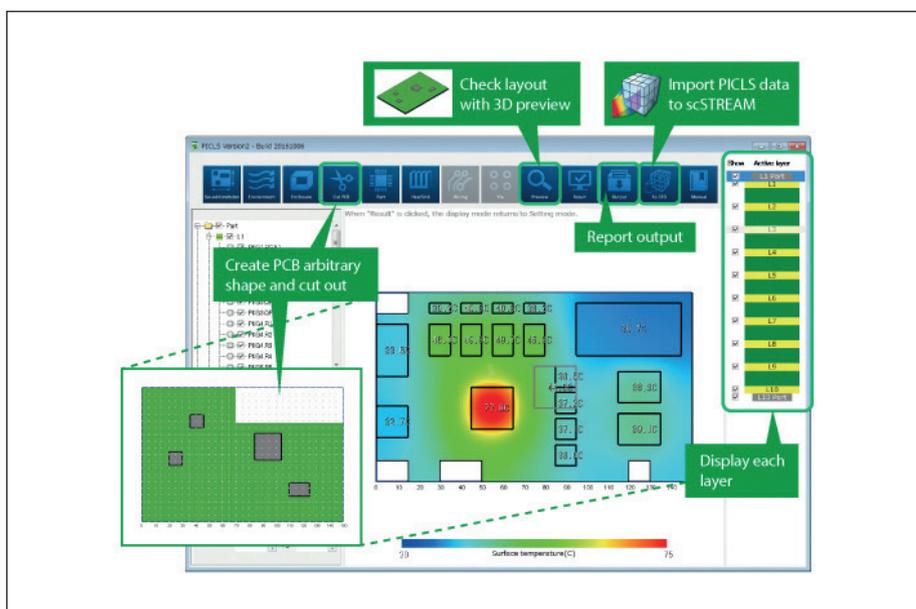
новном предназначена для автомобилестроения, аэрокосмоса, машиностроения, а scSTREAM – для электроники, архитектуры, промышленного и гражданского строительства.

Существует ряд расчетных областей, которые частично дублируются двумя вышеперечисленными программными комплексами, поэтому для большинства случаев технически применим любой из них. Тем не менее, поскольку "один размер подходит не всем", мы обычно стараемся сначала определить конкретные потребности пользователя, чтобы предложить наилучшее для него решение, и такой стиль сотрудничества с нашими пользователями всегда был и остается одной из наших сильных сторон.

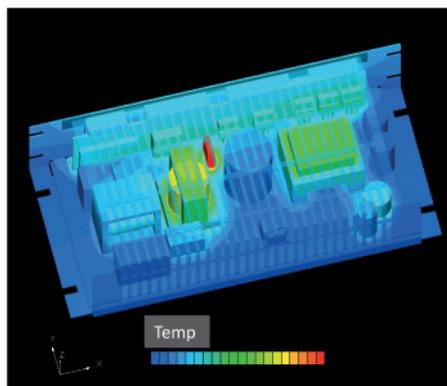
scFLOW является преемником SC/Tetra, и мы прикладываем много усилий к его дальнейшему совершенствованию, чтобы реализовать уже имеющиеся возможности SC/Tetra в дополнение ко множеству уникальных инструментов и функций, с которыми стартовал комплекс scFLOW.

PICLS – это специальный инструмент для расчета поля температур в печатных платах. Принцип этого программного комплекса: "Любой инженер может мгновенно выполнить расчет". CFD-расчет может





Cartesian Mesh  
(scSTREAM / Heat Designer)



Unstructured Mesh  
(SC/Tetra)

быть слишком сложным для многих специалистов, затратным по времени и дорогостоящим, а PICLES настолько прост, что любой может его использовать, и при этом его стоимость составляет лишь малую долю от стоимости полнофункционального CFD-пакета.

**Heat Designer** — ограниченная, специально ориентированная на тепловые расчеты версия scSTREAM для отраслей, связанных с производством электроники. Инженеры, работающие в электронной промышленности, могут начать внедрение программных комплексов CFD именно с этой ограниченной и менее затратной версии. Она уже помогла многим компаниям, выпускающим электронику. Интересно, что большинство пользователей, которые начинали с Heat Designer, в конечном счете перешли на scSTREAM, чтобы расширить возможности и выйти на более высокий уровень параллелизации вычислений.

*Какие из отраслей вы считаете ключевыми?*

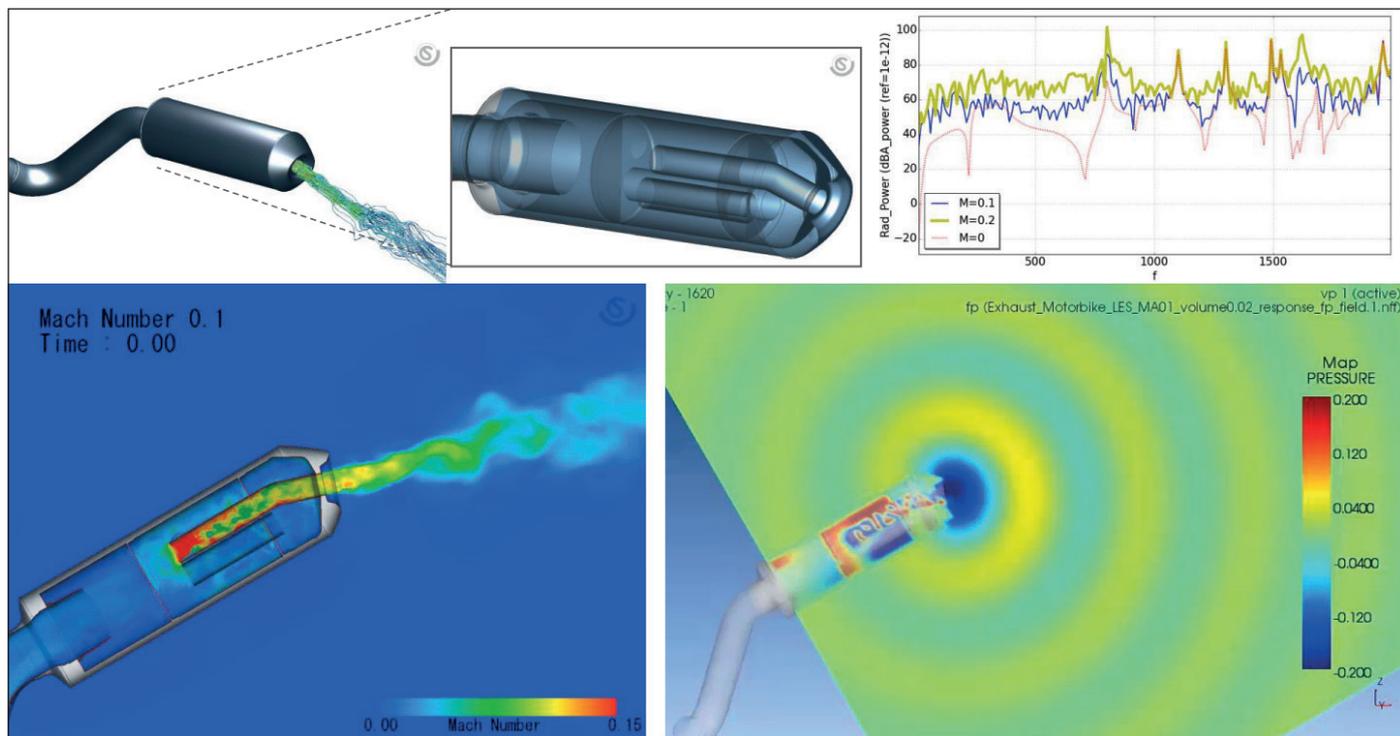
Автомобилестроение, электроника, архитектура и строительство, турбомшины, общее машиностроение, а также энергетика — топливная, атомная, ветро-, гидро- и солнечная.

*Поддерживаете ли вы сотрудничество с вузами, есть ли у вас специальные программы для высшей школы, для студентов?*

В процессе развития наших программных комплексов мы сотрудничали с несколькими университетами, такими как Imperial college в Великобритании, Wright State University в США, Waseda University, Tohoku University, National Institute of Technology Yonago College в Японии и несколькими другими. На сегодня сотрудничество находится в менее активной фазе. Как часть MSC Software, мы поддерживаем внедрение в учебный процесс компьютерных технологий виртуального моделирования и особенно инициативу наших коллег об открытии Центров компетенций технологий MSC. Надеемся, что в будущем эти Центры распространят свои компетенции и опыт на разработки Cradle как часть семейства программных комплексов MSC Software.

*С какими программными продуктами MSC будут интегрированы решения Cradle?*

На данном этапе — с программным комплексом Actran. В мае 2018 года — с Adams, MSC Nastran, Marc.



**Каковы новейшие разработки Cradle?**

Усовершенствование интеграции продуктов Cradle с программным комплексом Astrap при решении задач в области аэроакустики.

Интеграция с комплексами Adams, MSC Nastran и Marc – для решения задач взаимодействия текучей среды со структурными моделями.

Расширение семейства решателей новым решателем на основе метода дискретных элементов (DEM).

**Какие решения будут представлены на российском рынке?**

В России доступны все программные комплексы Cradle.

**Кто будет осуществлять техническую поддержку и обучение?**

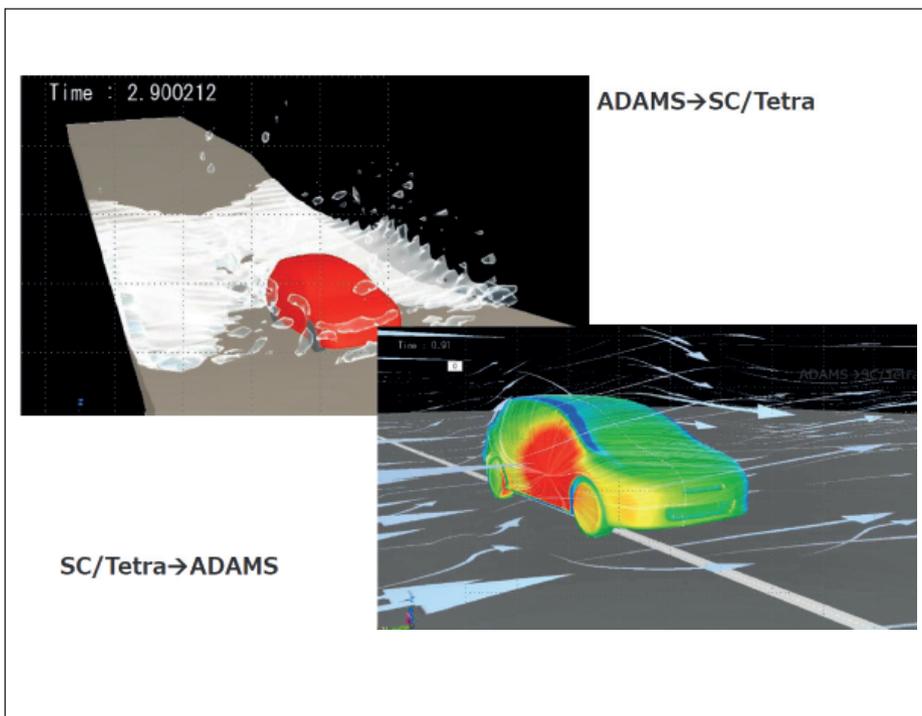
Московский офис MSC Software – это первая линия техподдержки и обучение базовым принципам работы с ПО Cradle. Подразделение Cradle во Франции оказывает поддержку пользователям в качестве второй линии техподдержки или напрямую.

**Теперь самое время задать традиционный вопрос – о планах компании и ближайших перспективах развития программного обеспечения Cradle...**

Каждые 18 месяцев выходят новые версии всех программных комплексов Cradle. Между ними мы выпускаем два релиз-кандидата или бета-версии. Выход очередной основной версии ожидается в мае 2018 года.

**Как вы могли бы одной фразой представить вашу компанию потенциальным клиентам?**

Можете смело доверять Cradle быть вашим партнером в области гидрогазодинамических расчетов для воплощения ваших инновационных идей!



*Записала  
Ольга Казначеева*



## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАЛЬНОСТИ – НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ



Тед Ламбу

**Н**а конференции Bentley "Год в инфраструктуре", проходившей осенью 2017 года в Сингапуре, мы пообщались со старшим вице-президентом Bentley по решениям для гражданского строительства и геолокации Тедом Ламбу (Ted Lamboo) и старшим менеджером по продуктам Бенуа Фредериком (Benoit Frederique).

*Тед, мы уже встречались с вами в Москве три года назад. Что произошло в жизни Bentley за это время?*

**Т.Л.:** Одним из главных событий стало внедрение моделирования реальности. Эта технология была приобретена три года назад и сразу же интегрирована в стратегию компании. Сейчас то, что когда-то начиналось с чертежей на бума-

ге, делается с помощью ПО для моделирования реальности. Чтобы сформировать модель так называемых brownfield-объектов, то есть уже существующих мостов, заводов или целых городов, сегодня нужны лишь фотографии и ПО Bentley ContextCapture. Используя полученную 3D-модель, можно управлять объектом, осуществлять его эксплуатацию, инспектирование и контроль. Эта технология в корне изменила жизнь инженеров, архитекторов, планировщиков, эксплуатационников. Основным вопросом со стороны заказчика вместо "Почему?" стал вопрос "Как?"

*Стали ли инженеры и архитекторы чаще использовать BIM?*

**Т.Л.:** Для этого надо понимать, что подразумевается под BIM. Что значит BIM в проектировании, строительстве, эксплуатации. В архитектуре BIM можно приравнять к использованию 3D-модели. Крупные проекты не могут обойтись без BIM, так как они слишком сложны. В проекте участвует очень много специалистов. Компания инвестирует в BIM второго уровня, а возврат инвестиций получает на третьем или четвертом уровне. Все больше организаций использует BIM не только на этапе проектирования, но и в процессе эксплуатации. Люди ощущают выгоду от внедрения BIM, задумываются о переходе на более высокий его уровень.

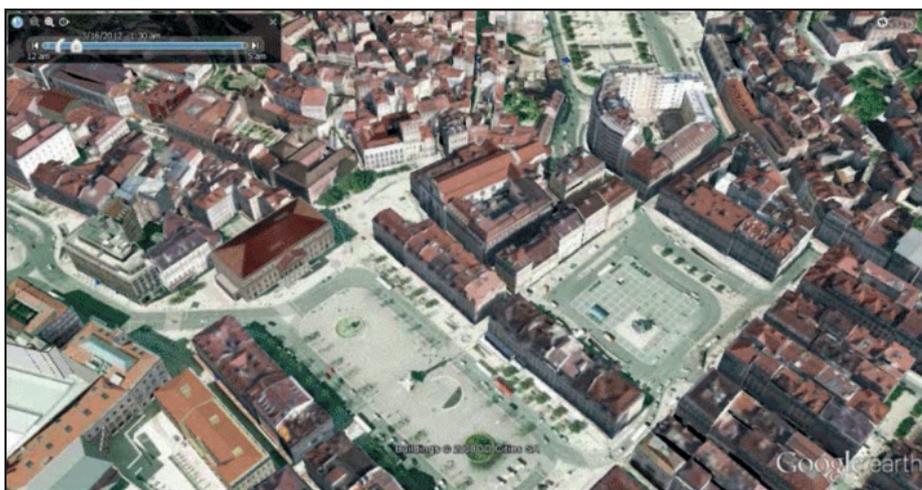
*Не перестаю восхищаться успешными приобретениями Bentley. В 2017 году компания подписала соглашение о покупке компании ACTION Modulers. Какое программное обеспечение появится в линейке Bentley? Для чего оно предназначено?*

**Б.Ф.:** В линейке появится португальский программный продукт для анализа устойчивости населенных пунктов к наводнениям.

Новый программный продукт в линейке Bentley – разработка португальских специалистов, предназначенная для анализа устойчивости населенных пунктов к наводнениям.

*Сейчас все более популярными становятся "умные" города. Какие города функционируют по этому принципу? В каких из них используется ПО Bentley?*

**Б.Ф.:** Следует различать понятия "умный" город и "цифровой" город. С помощью ПО Bentley был полностью оцифрован город Хельсинки и построена его 3D-модель. Данные доступны для всеобщего пользования. Сингапур –



Новый программный продукт в линейке Bentley – разработка португальских специалистов, предназначенная для анализа устойчивости населенных пунктов к наводнениям

один из "умных" городов. Все больше городов становятся "умными" в Китае и Индии.

**Т.Л.:** В мире существует около ста "цифровых" городов. Но у каждого из них разная степень проработки: от BIM первого уровня, семантической модели, до комбинированной модели. И только 30 из этих городов – "умные". Это Марсель во Франции, Грац в Австрии, Хельсинки в Финляндии. "Умный" город предполагает не просто наличие его цифровой модели, это обязательно функционирующая модель всех эксплуатируемых объектов. Если сравнивать понятия "цифровой" и "умный" город с уровнями BIM, то можно сказать, что "цифровой" город – это BIM первого уровня, а "умный" – BIM третьего или четвертого уровня. В Хельсинки построена семантическая модель, где все объекты поделены на категории, у всех высокая степень детализации в соответствии с уровнями LOD<sup>1</sup>. В такой системе очень просто создавать запросы. Вся сложность – в оцифровке уровней LOD. Не все детали, присутствующие в 3D-модели, есть и в LOD. Например, в 3D-модели есть материал, из которого изготовлена крыша здания, а в LOD-модели его нет. В цифровой модели визуализация реалистичнее, чем в семантической. Семантические модели четко прописаны во многих программных продуктах. Они должны быть привязаны к ГИС. Не все данные можно получить из 3D-модели. Максимальный эффект приносит совместное использование 3D и семантической модели в гибридной среде. Bentley как раз и предлагает соответствующее программное обеспечение. В нем есть облачные технологии, технологии

аэрофотосъемки, чертежи, 3D-модели, возможность использовать DWG-формат, открытая среда данных и многое другое. В Хельсинки используются обе модели. Этим летом в городе произошло наводнение, в связи с чем возникла необходимость обновить 3D-модель. Была поставлена задача достичь максимальной точности.

В России много городов, которые не оцифрованы. Построить их 3D-модели можно было бы за пару-тройку недель – для этого понадобится лишь сделать фотографии с дронов или вертолетов, а наше программное обеспечение выдаст готовую модель.

**На конференции был представлен партнер компании Bentley – Bureau Veritas. Какую помощь бюро может оказать проектным организациям?**

**Т.Л.:** Bureau Veritas – компания с мировым именем, основанная в Париже в 1828 году. Оказывает услуги в области сертификации, промышленного аудита, технической инспекции. Компания представлена в 140 странах, включая Россию, насчитывает более 60 000 сотрудников. Одной из ее новых услуг станет создание 3D-моделей, в том числе для компаний, не связанных с проектированием. В своей работе Bureau Veritas использует программное обеспечение Bentley ContextCapture для моделирования реальности.

**Какую технологию Bentley считает предпочтительной: лазерное сканирование или фотограмметрию?**

**Т.Л.:** Моделирование реальности изначально построено на фотограмметрии, но

сейчас Bentley использует обе технологии. Для повышения точности представления некоторых объектов правильнее использовать лазерное сканирование, и в то же время есть ситуации, когда оно совсем не подходит. Можно, например, установить сканер на автомобиль и проехать по городу, но в этом случае будет получена только часть данных, многое останется за кадром. Поэтому мы предпочитаем комбинацию обеих технологий.

**Какие страны наиболее продвинуты в области проектирования и строительства инфраструктурных объектов?**

**Т.Л.:** Конечно, это Великобритания, где BIM внедряется на государственном уровне. Страна разрабатывает собственный BIM-стандарт. Осуществлен грандиозный проект Crossrail. Идет работа над проектом высокоскоростной железной дороги HS2 (High Speed 2), которая свяжет крупнейшие английские города – Лондон, Бирмингем и Манчестер. Многие специалисты, участвовавшие в проекте Crossrail, сейчас работают над HS2.

**Почему для проведения конференции Bentley выбрала именно Сингапур?**

**Т.Л.:** Bentley всегда выбирает для конференций города-лидеры. На протяжении многих лет это был Лондон. В этом году – Сингапур: центр технологий, город номер один в Азии.

**Собирается ли Bentley участвовать в блокчейн-проектах?**

**Т.Л.:** Это хорошая технология, но пока мы не готовы использовать ее применительно к Bentley. Возможно, придем к ней в будущем. Это прекрасный способ обеспечить безопасность мобильных данных.

**Планирует ли Bentley выходить на новые рынки?**

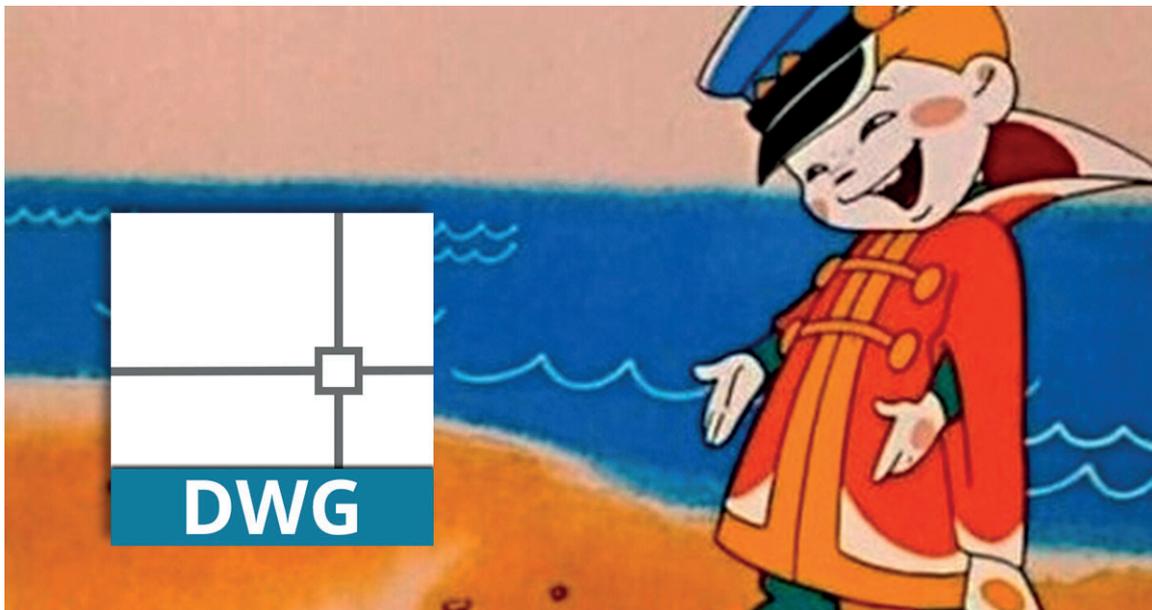
**Б.Ф.:** Мы фокусируемся на рынке инфраструктурных объектов, будем предлагать новые технологии в этой области. Сейчас мы внедряем моделирование реальности в инфраструктуре.

**Какой будет мировая инфраструктура в ближайшие пять лет?**

**Б.Ф.:** Безусловно, все будут пользоваться облачными технологиями. Моделирование реальности станет неотъемлемой частью инфраструктурных проектов.

*Интервью вела  
Ольга Казначеева*

<sup>1</sup> LOD (Levels Of Detail) – уровни детализации элементов информационной модели, определяющие полноту проработки элемента. Существует несколько уровней проработки по аналогии с уровнями BIM.



## ➤ РАБОТА С ПРОБЛЕМНЫМИ \*.dwg-ФАЙЛАМИ В СРЕДЕ nanoCAD

### Введение

Формат \*.dwg – самый популярный формат хранения электронных чертежей. Зачастую \*.dwg-файлы хранятся годами, сохраняются в различных системах, используются разными пользователями и из-за этого могут накапливать различные ошибки. Чтобы обезопасить себя и свои документы, перед началом работы с файлами в nanoCAD рекомендуется

выполнить ряд действий для их проверки, очистки и оптимизации. Ниже мы рассмотрим основные инструменты и методы работы с \*.dwg-файлами.

### Как узнать версию \*.dwg-файла?

Откройте \*.dwg-файл через текстовый редактор – например Блокнот. Первые символы укажут на версию, остальная

часть файла будет отображаться в зашифрованном виде (рис. 1).

*Примечание.* Для открытия в Блокноте больших файлов может потребоваться дополнительное время.

Узнать версию dwg, в которой сохранен файл, можно из таблицы 1.

Таблица 1

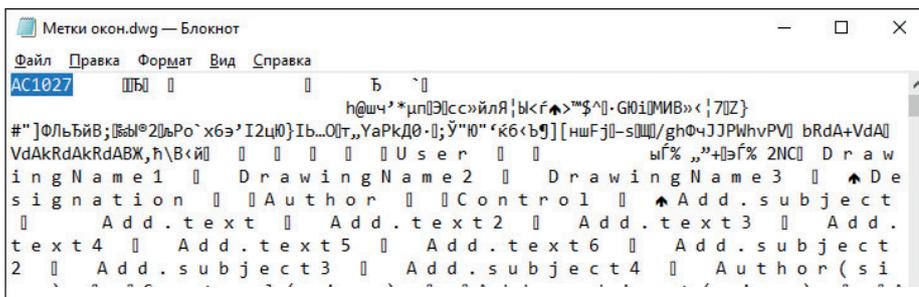


Рис. 1

AC1015	dwg 2000
AC1018	dwg 2004
AC1021	dwg 2007
AC1024	dwg 2010
AC1027	dwg 2013
AC1032	dwg 2018

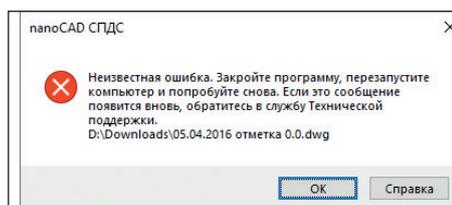


Рис. 2

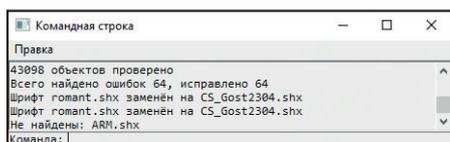


Рис. 3

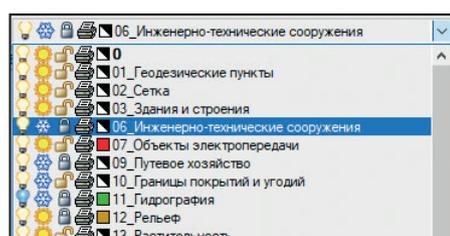


Рис. 4

### \*.dwg-файл не открывается

Если по каким-либо причинам файл не открывается, не стоит паниковать. Попробуем восстановить его с помощью утилит. При открытии чертежа такого типа вы скорее всего увидите сообщение, показанное на рис. 2.

Перезапустите программу nanocAD и воспользуйтесь утилитой *Восстановление документа*.

**Меню:** *Файл* → *Утилиты* → *Восстановление документа...*

**Командная строка:** *ВОССТАН (RECOVER)*

Эта команда позволяет восстанавливать не открывающиеся в nanocAD поврежденные документы, а также выполнять их проверку на наличие ошибок и исправлять отдельные ошибки. По завершении восстановления программа предоставит в командной строке отчет об исправленных ошибках (рис. 3).

Если файл все равно не удастся открыть, отправьте его специалистам технической поддержки на адрес [support@nanocad.ru](mailto:support@nanocad.ru), сопроводив письмо подробным описанием проблемы.

### Как почистить \*.dwg-файл?

Перед началом работы с утилитами очистки обязательно разблокируйте, включите и разморозьте все слои вашего документа, иначе вы не сможете исправить все дефекты файла (рис. 4).

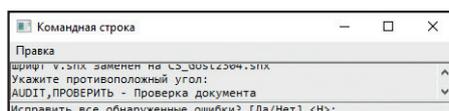


Рис. 5

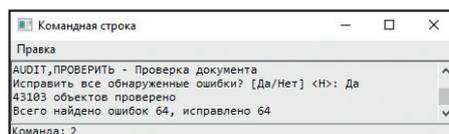


Рис. 6

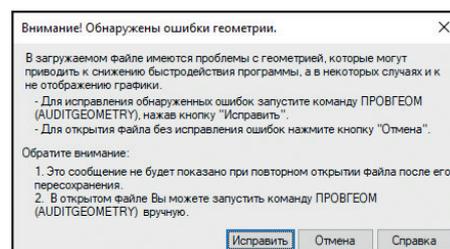


Рис. 8

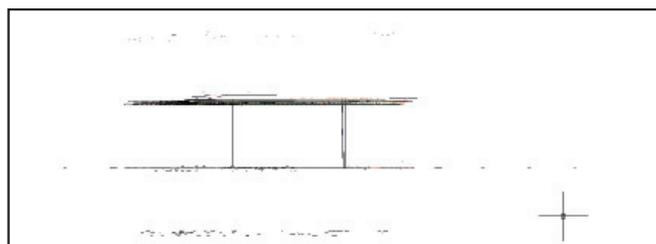


Рис. 7

### Проверка документа

**Меню:** *Файл* → *Утилиты* → *Проверка документа*

**Командная строка:** *ПРОВЕРИТЬ (AUDIT)*

Первым делом проверим документ на наличие ошибок. Команда *ПРОВЕРИТЬ (AUDIT)* позволяет выполнить проверку открытого в nanocAD документа и исправить отдельные ошибки. Если из-за повреждений документ невозможно открыть, используйте команду *Восстановление документа*.

После вызова функции проверки документа программа выведет в командной строке запрос: "Исправить все обнаруженные ошибки?" Нажимаем *Да* и ждем окончания процесса (рис. 5).

По завершении программы представит в командной строке отчет (рис. 6). Но главное, что все ошибки будут исправлены.

После выполнения проверки документа сохраните файл под другим именем. Рекомендую сохранять файлы с постфиксом утилиты, которой проверены файлы: *Архитектура\_audit.dwg*.

### Проверка геометрии

**Меню:** *Файл* → *Утилиты* → *Проверка геометрии*

**Командная строка:** *ПРОВГЕОМ (AUDITGEOMETRY)*

Команда предназначена для выявления и исправления проблемных объектов

чертежа, лежащих за пределами диапазона. Есть два режима:

- *Проверка\_Z\_координат* — проверка координат по оси *Z* всех объектов чертежа;
- *Проверка\_Штриховок* — проверка правильности отображения штриховок в границах контуров.

Бытые *Z*-координаты, на мой взгляд, один из наиболее часто встречающихся недугов формата \*.dwg. Они могут годами находиться в чертеже, оставаясь не обнаруженными, так как чаще всего пользователи работают в плоскости.

Симптоматика бывает разной: плохо работают привязки, не отображается часть объектов, пропадает курсор в модели или чертеж работает медленно. Проблема очень актуальна при работе с большими файлами: генпланами, подложками и пр.

Чтобы выявить эту проблему, нужно взглянуть на чертеж с другого вида. Зажмите *Shift* и используйте колесо мыши для вращения чертежа в 3D-пространстве. Если ваш чертеж плоский — всё хорошо, если нет — пора его исправить (рис. 7). Вернуться к виду сверху можно, нажав *Вид сверху* в меню *Вид* → *Виды и проекции* → *Сверху*.

Начиная с 7-й версии платформа nanocAD при запуске \*.dwg-файлов проверяет *Z*-координаты автоматически, и если в вашем файле обнаружится проблема, вы увидите окно, показанное на рис. 8.

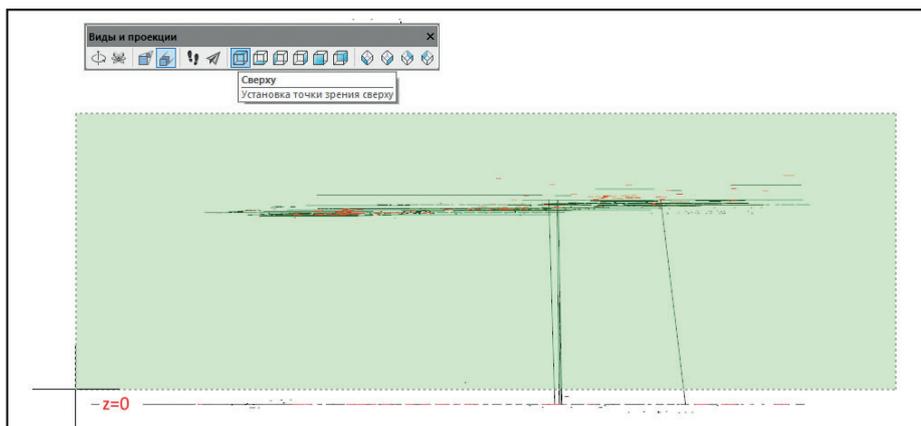


Рис. 9

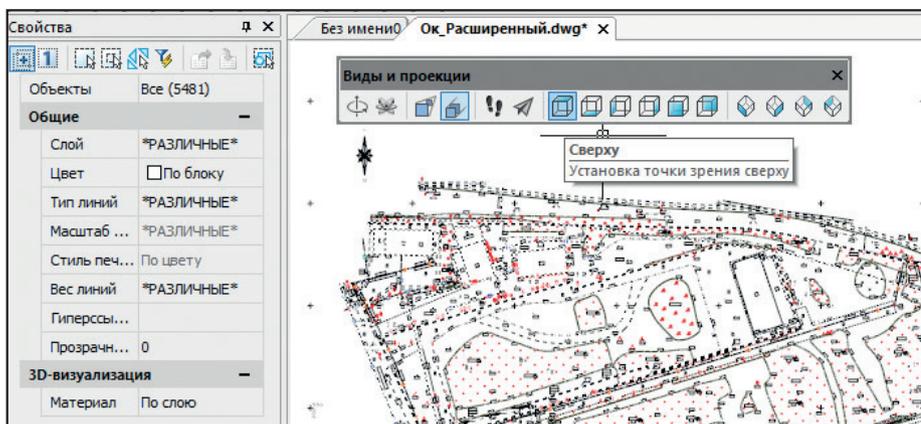


Рис. 10

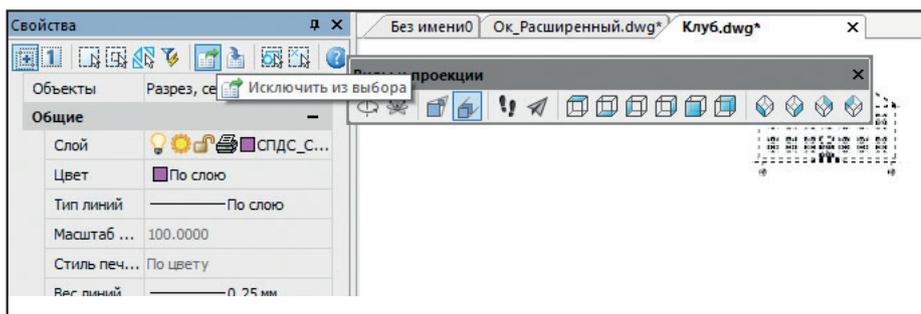


Рис. 11

Просто нажмите *Исправить*, и утилита перенесет все улетевшие объекты. Важно отметить, что данная функция не делает ваш чертеж полностью плоским, а просто переносит объекты с улетевшей координатой Z ближе к нулевому значению. Если у вас есть трехмерные объекты, они не будут разрушены. После проверки геометрии осмотрите ваш чертеж в 3D — если остались какие-то дефекты, рекомендуется воспользоваться функцией *Конвертация в 2D*.

### Конвертация в 2D

**Меню:** *Файл* → *Утилиты* → *Конвертирование в 2D*

**Командная строка:** *КОНВ2D (FLATTEN)*

Эта функция позволяет сделать все объекты чертежа совершенно плоскими. Поэтому, если вы работаете с 3D-полилиниями, ее нужно использовать с особой осторожностью. Вот пара способов, которыми я пользуюсь при работе с такими файлами.

### Способ №1

В этом случае требуется выбрать все объекты, лежащие вне нулевой плоскости. Для этого нам необходимо:

1. Включить вид сбоку и выбрать все объекты, которые лежат выше или ниже нуля (рис. 9).
2. После выделения всех объектов, которые находятся за пределами нулевой плоскости, переключаемся на вид сверху (это важно, иначе функция сплющит нам чертеж не на ту плоскость) и, не снимая селекции объектов, вызываем функцию *Конвертация в 2D* (рис. 10).

### Способ №2

Способ более трудоемкий, но и более безопасный.

Дело в том, что конвертация в 2D разрушает объекты оформления СПДС (выноски, оси, отметки уровня и т.д.), поэтому перед началом конвертации нам необходимо исключить эти объекты из селекции.

Выбираем все объекты чертежа (*Ctrl+A*). Переходим на функциональную панель *Свойства*, выбираем из выпадающего списка объекты оформления и исключаем их из выбора (рис. 11). Повторяем эту операцию до тех пор, пока в селекции не останется объектов оформления СПДС.

Не сбрасывая селекции с объектов, вызываем функцию *Конвертация в 2D*. Затем файл можно снова проверить на ошибки. После проверки сохраните файл под другим именем — например, *Архитектура\_audit\_flatten.dwg*. Я использую при сохранении версию, чтобы в случае какой-либо ошибки вернуться к предыдущей версии файла и не проделывать с нуля все операции очистки.

### Очистка документа (purge)

**Меню:** *Файл* → *Утилиты* → *Очистка документа...*

**Командная строка:** *ОЧИСТИТЬ, ОЧ, УДАЛИ (PURGE, PU)*

После запуска команда вызывает диалоговое окно *Очистка документа*, в котором представлены список элементов, доступных для удаления, и список элементов, удалить которые из документа нельзя.

Выберите из списка элементы, которые будут удалены, либо нажмите *Удалить всё* (рис. 12).

- **Удаление вложенных элементов** — включение режима удаления всех неиспользуемых именованных объектов,

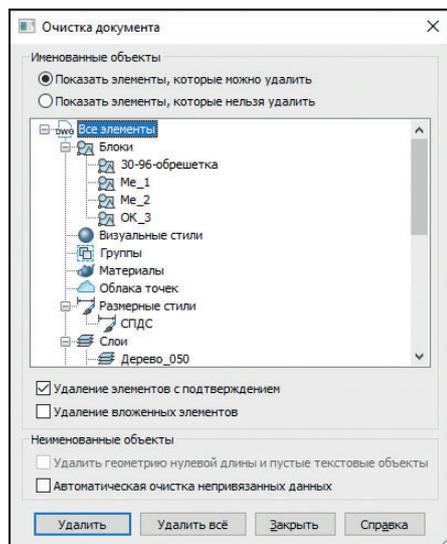


Рис. 12

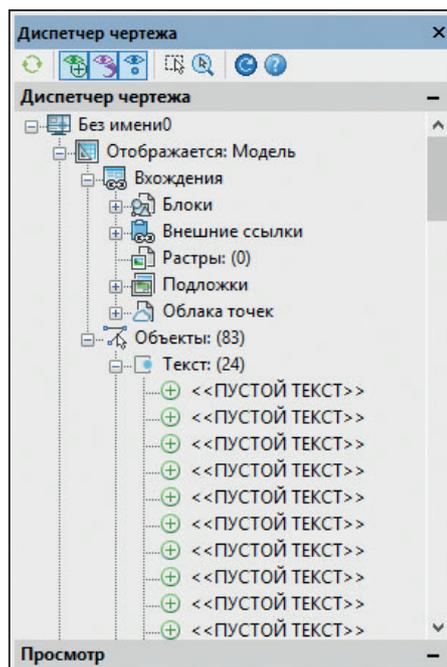


Рис. 14

- содержащихся внутри других неиспользуемых именованных объектов.
- **Автоматическая очистка непривязанных данных** – удаление устаревших стилей векторных данных формата DGN. Файлы с DGN-стилями весят больше обычного, хотя содержат мало графики. Такие файлы могут медленно работать и вызывать зависание при сохранении.
  - **Удалить геометрию нулевой длины и пустые текстовые объекты** – включение режима удаления графического мусора. Флажок недоступен в случае отсутствия соответствующей геометрии в документе.



Рис. 13

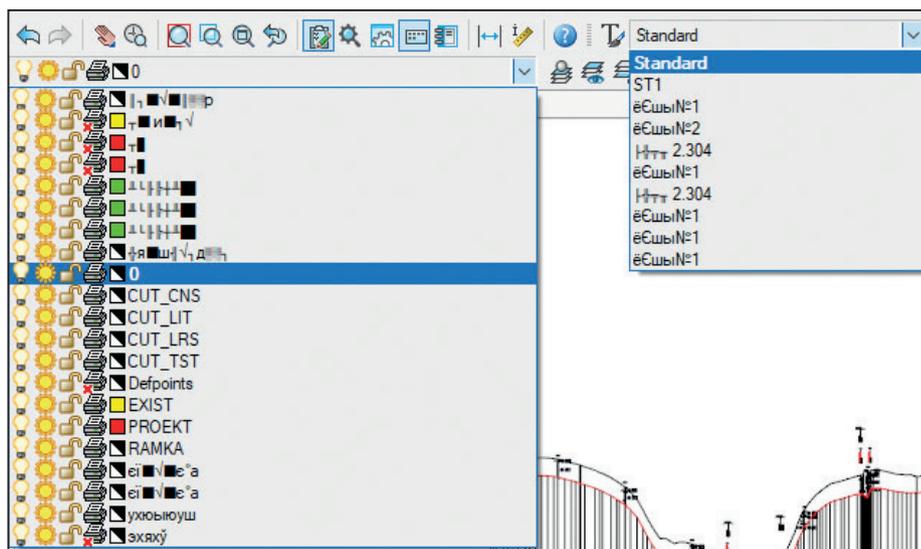


Рис. 15

Такие объекты тяжело найти в модели. Тексты визуально отображаются только после селекции, так как не имеют содержимого (рис. 13). Обнаруживать их удобно через Диспетчер чертежа (меню *Сервис* → *Диспетчер чертежа*). В этой функциональной панели пустые однострочные и многострочные тексты будут отображаться как "ПУСТОЙ ТЕКСТ" (рис. 14). После выполнения очистки сохраните файл под другим именем. Я сохраняю чертежи с постфиксом утилиты, которой его проверял. Поэтому имя нашего файла будет теперь выглядеть так: *Архитектура\_audit\_flatten\_purge.dwg*.

### Перекодировка текста

**Меню:** *Файл* → *Утилиты* → *Перекодировка текста*

**Командная строка:** *ДЕКОД (TEXTDECODER)*

Наверное, любой российский пользователь хоть раз сталкивался с проблемами кодировки, когда, например, названия файлов в проводнике или текст в браузере отображаются в виде непонятных значков. Знакома эта проблема и пользователям САПР-систем (рис. 15). Утилита перекодировки текста представлена в виде отдельного выпадающего окна. Первое, что нам необходимо выбрать, это тип объектов, которые мы бу-



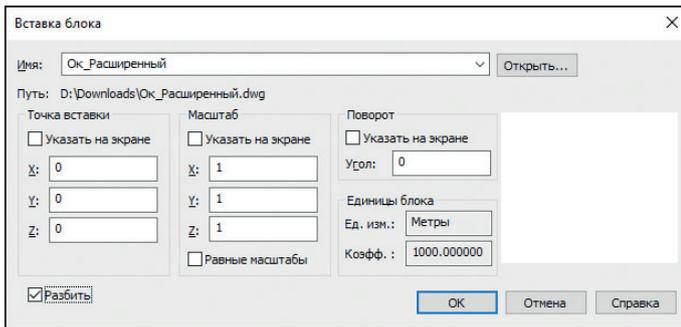


Рис. 21

мые гадкие файлы. Этим способом пользователи САД-систем пользуются давно, хочу лишь еще раз о нем напомнить.

**Совет.** К этому методу стоит прибегнуть, если очистка и проверка не помогают исправить тот или иной дефект.

**Внимание!** В чертеже пропадут все оформленные листы.

Создаем в папоСАД новый файл (меню *Файл* → *Создать*). Далее нужно вставить проблемный чертеж в этот открытый файл как блок (меню *Вставка* → *Блок*). В окне *Вставка блока* следует снять флажок *Указать на экране*, чтобы вставить чертеж сразу в нулевые координаты. Еще нужно установить флажок напротив пункта *Разбить*, чтобы вставленный чертеж после вставки не пришлось разбивать (рис. 21).

После вставки чертежа будет заново сгенерирована вся база данных \*.dwg-файла. Таким образом вы можете исправить ряд ошибок ваших старых файлов. При вставке вы также потеряете все прокси-объекты вашего чертежа, так что, применяя этот метод, будьте осторожны. После вставки чертежа сохраните файл под другим именем – например, *Архитектура\_insert.dwg*.

#### Разбивка и удаление прокси-объектов

**Меню:** *Редактирование* → *Дополнительные средства* → *Разбивка прокси-объектов*  
**Меню:** *Редактирование* → *Дополнительные средства* → *Удаление прокси-объектов*

\*.dwg-файлы могут содержать сторонние объекты, созданные в других приложениях. Все неопознанные объекты называются прокси-объектами (они могут иметь графическое представление, а могут и не иметь).

Прокси-объекты создают специализированные приложения под различными САД-платформами. С такими объекта-

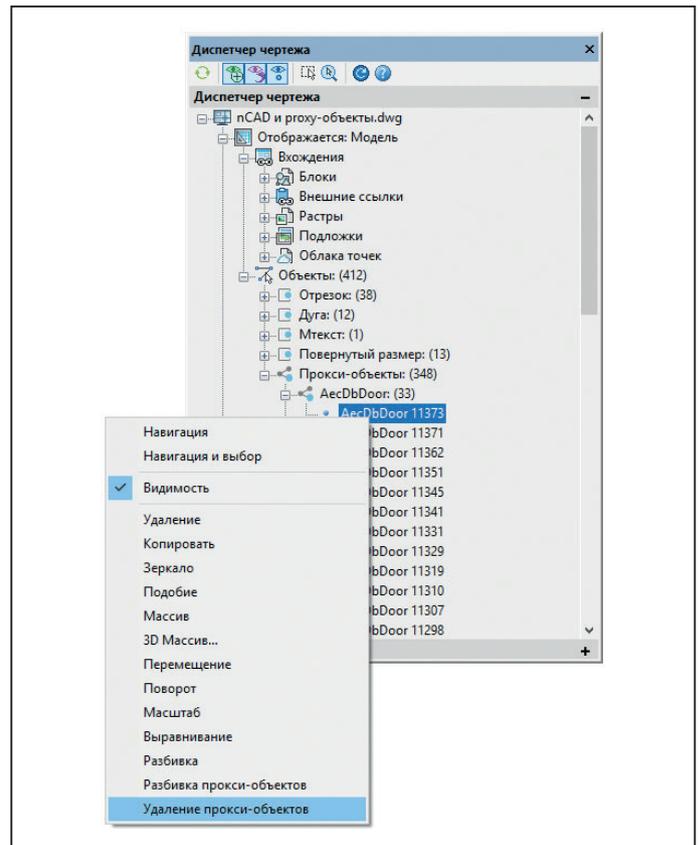


Рис. 22

ми сталкивался, наверное, каждый проектировщик. Их нельзя редактировать, у них нет "ручек".

Прокси – это технология транзитного хранения данных. Говоря простым человеческим языком, она позволяет приложению сохранить свой объект и защитить его от разрушения, даже если вы откроете файл в другой САПР-системе, не имеющей данного приложения. Поэтому, прежде чем разбивать и удалять прокси, задумайтесь: вдруг объект стороннего приложения вам еще пригодится и не стоит спешить с его разбиением на примитивы.

Некоторые разработчики специализированных приложений защищают свои объекты, не позволяя разбить их командой EXPLODE. Именно для таких случаев в папоСАД реализованы специальные утилиты разбивки и удаления прокси. Работают они достаточно просто, нужно только выбрать прокси-объекты и вызвать необходимую команду (разбивка и удаление). Эти команды доступны и контекстном меню *Диспетчера чертежа* – специального инструмента, показывающего всю структуру \*.dwg-файла (рис. 22).

## Заключение

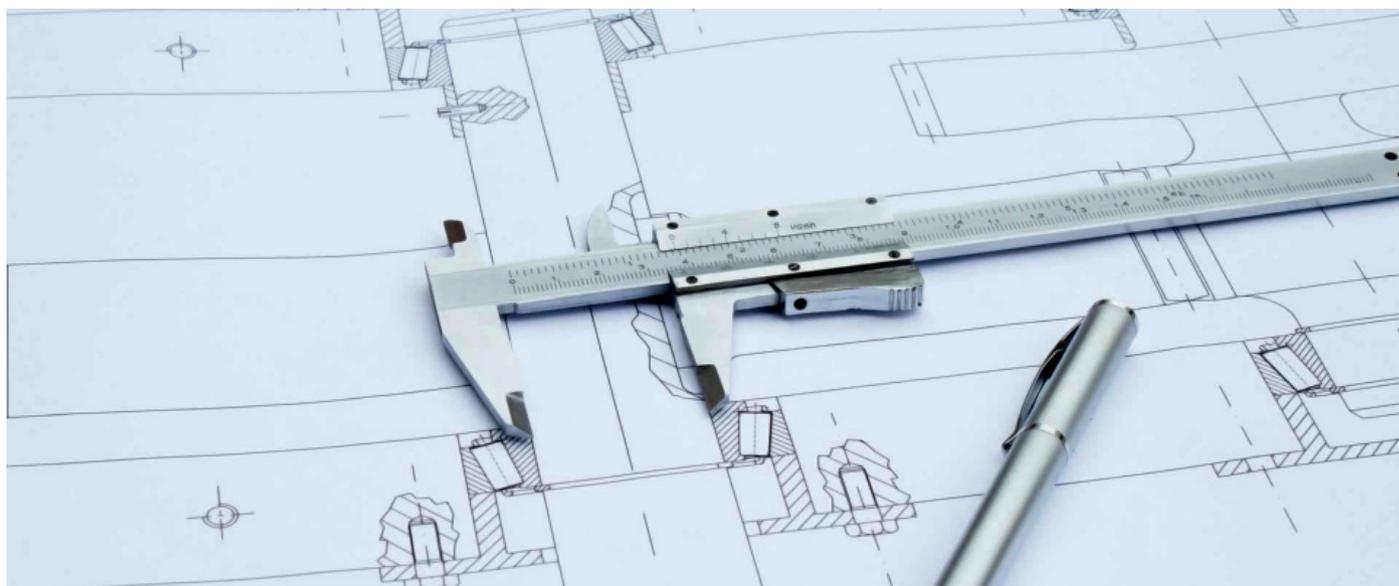
После работы со всеми утилитами внимательно ознакомьтесь с финальным файлом. Иногда для сложных файлов может потребоваться 2-3 прохода утилитами. Если все нужные проектные данные целы и текущий результат вас полностью устраивает, удалите промежуточные файлы и оставьте исходный файл *архитектура.dwg*, а финальному присвойте имя *архитектура\_rec.dwg*.

Используя такую маркировку, вы будете знать, какие файлы у вас уже обработаны, а какие еще только предстоит проверить. Всегда работайте в файлах с пометкой *\_rec*.

Надеюсь, приведенная информация поможет вам навести порядок в ваших файлах, упростить и ускорить работу в \*.dwg-среде, а также избежать критических ошибок и потери данных.

Удачного проектирования!

*Сергей Спири  
 ЗАО "Нанософт"  
 E-mail: spirin@nanocad.ru*



## ➤ СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ БАЗЫ В nanoCAD МЕХАНИКА

**В** nanoCAD Механика существует база стандартных изделий, многие элементы которой являются параметрическими объектами и связаны между собой определенными зависимостями. Эти зависимости определяются теми стандартами, в рамках которых исполняются элементы.

Параметрическим объектом является элемент с управляемой через параметры геометрией.

Модуль *Мастер объектов* в nanoCAD Механика позволяет создавать объекты, параметры которых связаны определенными зависимостями не только внутри объекта, но и с параметрами других объектов базы. Это обеспечивает возможность генерировать через параметры различные исполнения или типы одного и того же объекта, а также управлять многокомпонентными сборками, создавая различные вариации одного узла или изделия в целом.

Предлагаемые практические материалы описывают некоторые возможности работы модуля параметризации в nanoCAD Механика и могут служить кратким учебным пособием по созданию параметрических элементов.

### Часть 1. Подготовка геометрии объекта. Создание элемента базы

Для создания параметрического элемента, используя стандартные инструменты nanoCAD, начертим простой геометрический объект, состоящий из примитивов. Объект также может быть импортирован в формате \*.dwg из другой системы (рис. 1).

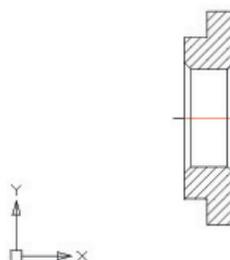


Рис. 1. Геометрический объект

При создании штриховки выбираем *Тип* → *Из линий*. Это понадобится в дальнейшем для параметрического распознавания геометрии при создании объекта базы (рис. 2).

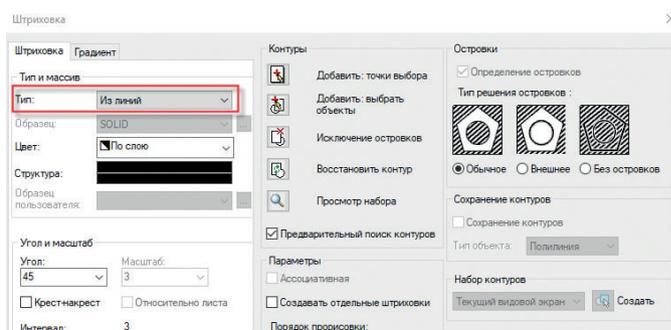


Рис. 2. Смена типа штриховки



Рис. 3. Установка типа линий штриховки

Чтобы штриховка отображалась корректно, следует задать тонкий тип линии. Для этого вызовем команду меню *Механика* → *Стандартные* → *MechWizard (Мастер объектов)* → *Установить параметр*. Эту команду можно активировать и соответствующей кнопкой на панели инструментов *ЕСКД MechWizard (Мастер объектов)* (рис. 3).

Здесь и далее, для удобства работы с *Мастером объектов*, рекомендуется использовать панель *ЕСКД MechWizard (Мастер объектов)*. Для отображения панели необходимо открыть меню *Вид* и перейти в *Панели* → *Механика* → *ЕСКД MechWizard (Мастер объектов)* (рис. 4).

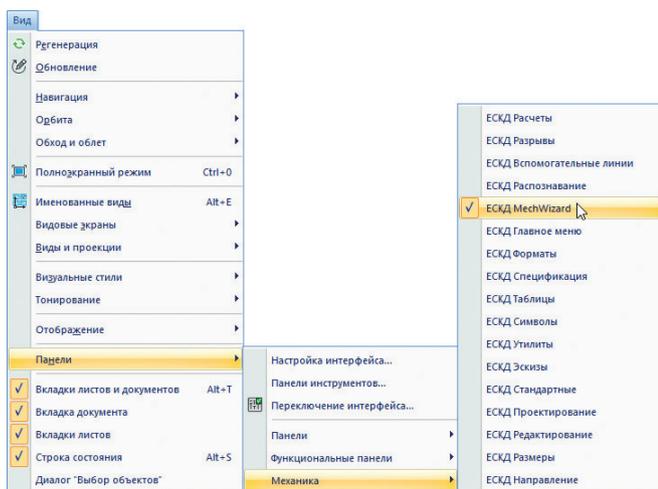


Рис. 4. Включение панели *Мастер объектов*

Начертим второй вид и проставим размеры. При обозначении размеров используем латинские буквы (рис. 5).

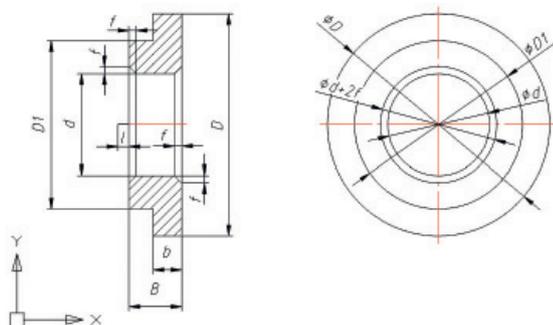


Рис. 5. Эскиз с размерами для распознавания

Параметр "I" на первом виде необходим для создания точки вставки. Для его определения создаем дополнительный отрезок. Устанавливаем отрезку параметр: вызываем команду меню *Механика* → *Стандартные* → *MechWizard (Мастер объектов)* → *Установить параметр* (или нажимаем соответствующую кнопку на панели *MechWizard*), указываем отрезок и нажимаем *Enter*. В открывшемся окне *Свойства объекта* включаем опцию *Рабочий объект* и нажимаем *OK* (рис. 6).

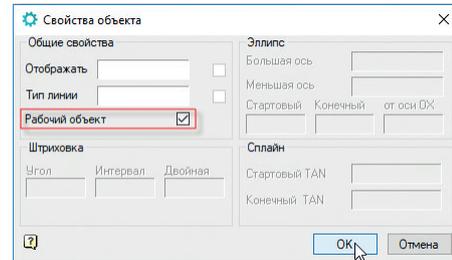


Рис. 6. Свойства параметра для точки вставки объекта

Теперь, когда создана геометрия элемента и заданы определяющие размеры, создадим объект в базе элементов. Для этого необходимо вызвать *Мастер объектов* через меню *Механика* → *Стандартные* → *MechWizard* → *Мастер объектов* либо нажатием кнопки *Мастер объектов* на панели *MechWizard (Мастер объектов)*. В открывшемся окне *Мастера объектов* следует выбрать в меню *Объект* → *Новый* или нажать кнопку *Новый объект*. В окне *Новый объект* необходимо выбрать папку базы данных, в которой будет размещен объект (в данном случае – *Пользовательские*), заполнить поле *Название* и нажать *OK* (рис. 7).

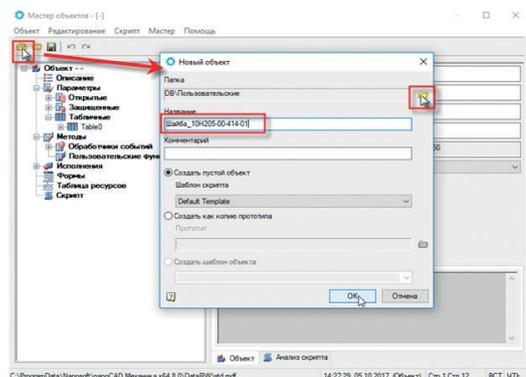


Рис. 7. Создание объекта базы

Объект создан, теперь добавим геометрию. В *Мастере объектов* необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши (ПКМ) по ветви *Исполнения* и из контекстного меню выбрать *Добавить исполнение*. Щелкнув ПКМ в рабочей области *Мастера*, создадим еще один вид (рис. 8).

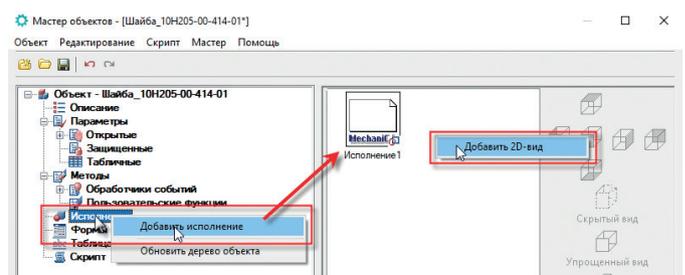


Рис. 8. Создание видов в *Мастере объектов*

Обозначим первый вид как Вид спереди (для этого выделим его и щелкнем по соответствующей кнопке отображения видов), а второй вид обозначим как Вид сбоку (рис. 9).

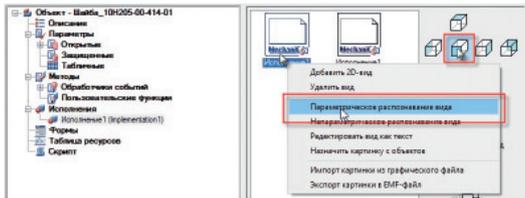


Рис. 9. Добавление геометрии к объекту базы

Теперь присвоим созданным в *Мастере объектов* видам соответствующую геометрию. Для этого щелкаем ПКМ по виду и из контекстного меню выбираем *Параметрическое распознавание вида*. Система перейдет в режим модели. Выделяем объект, после чего в контекстном меню выбираем *Ввод* или нажимаем *Enter* (рис. 10).

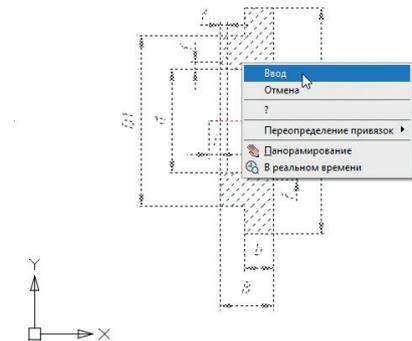


Рис. 10. Параметрическое распознавание геометрии объекта

Для завершения операции необходимо выбрать точку вставки (левый край отрезка размером "l"). При успешном распознавании появится соответствующее сообщение (рис. 11).

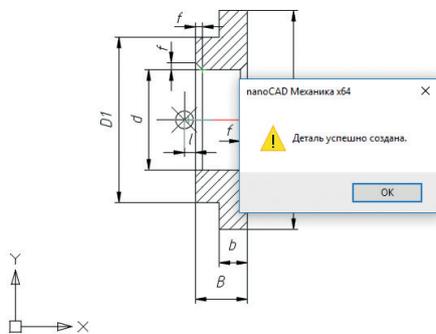


Рис. 11. Успешное распознавание эскиза

Аналогичные действия выполняем для вида сбоку. В качестве точки вставки указываем центр осей координат объекта (рис. 12).

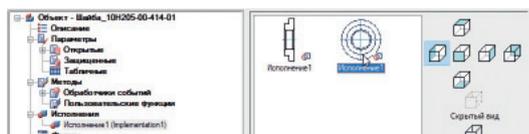


Рис. 12. Отображение распознанной геометрии в *Мастере объектов*

В дереве объекта переходим на ветвь *Скрипт*. В рабочей области откроется программный код описания объекта, где по умолчанию отображены основные функции (рис. 13).

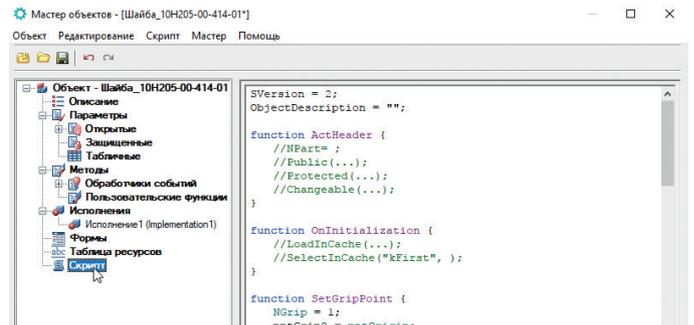


Рис. 13. Программный код объекта

Итак, мы рассмотрели, каким образом в *nanocAD Механика* при помощи *Мастера объектов* можно создавать объект базы и подключать к нему геометрию. В следующей части мы разберем, как параметризовать данный объект с помощью *Мастера скриптов*, а также используя объект-аналог.

## Часть 2. Работа с кодом объекта. Мастер скриптов

Созданный объект имеет базовый скрипт с основными функциями, но пока что не содержит переменных. Скрипт необходимо доработать в соответствии с требуемой функциональностью объекта. Чтобы упростить эту задачу, возьмем код похожего объекта базы. Как было отмечено в первой части, предлагаемый материал может использоваться как инструкция по созданию параметрических объектов и управлению ими. Рекомендуется использовать *nanocAD Механика* версии 8.0 и выше. Оценочная версия программы доступна по ссылке [www.nanocad.ru/products/nanocadmech/download](http://www.nanocad.ru/products/nanocadmech/download).

По ссылке <https://goo.gl/6KhvzH> можно скачать объект, который будет использоваться в качестве базового для данного примера.

Этот объект необходимо подключить к базе. В *Базе элементов* щелчком ПКМ по папке *Пользовательские* вызываем контекстное меню и выбираем команду *Импорт из файла* (рис. 14). Откроемся проводник, через который находим нужный файл и нажимаем *Открыть*. Новый объект будет подключен.

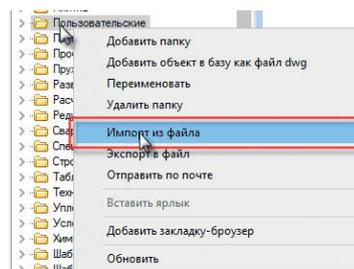


Рис. 14. Подключение нового объекта к базе

В меню *Скрипт* выберем *Взять скрипт с другого объекта*, в появившемся окне *Выбор детали* откроем папку *Пользовательские*, щелкнем по объекту *Шайба* (рис. 15).

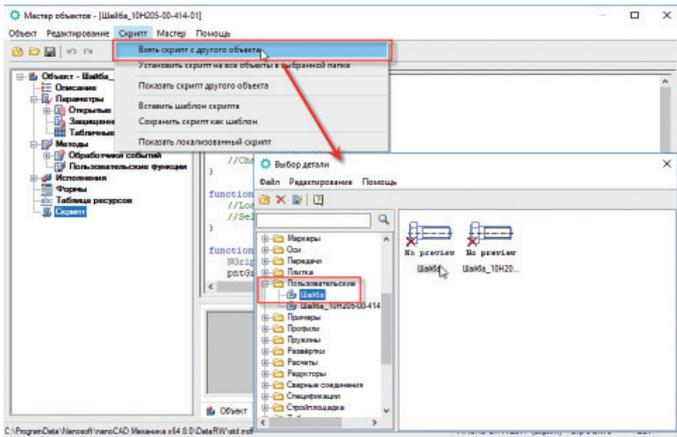


Рис. 15. Копирование скрипта с аналогичного объекта

Скрипт нового объекта будет обновлен (рис. 16).

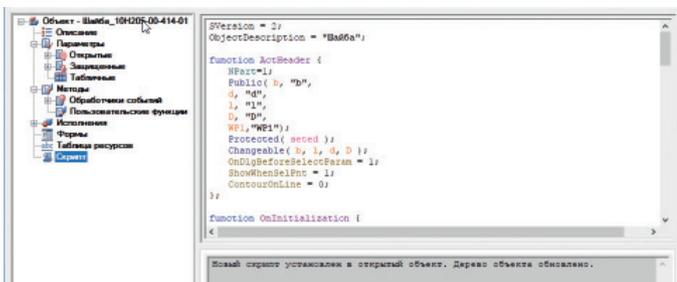


Рис. 16. Обновленный скрипт объекта

Объект, с которого скопирован скрипт, имеет более простую геометрию. Приведем данный скрипт в соответствие с нашим объектом. Добавим параметры и установим новые значения. Для этого в меню *Мастер* выбираем *Мастер скриптов* и в появившемся диалоге нажимаем *Да* (рис. 17).

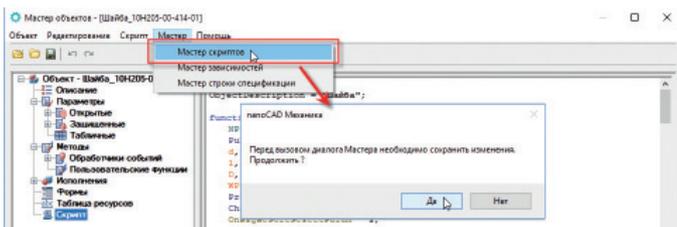


Рис. 17. Запуск Мастера скриптов

Откроется окно основных свойств. Добавляем и корректируем информацию так, как это показано на рис. 18. Нажимаем *Вперед*.

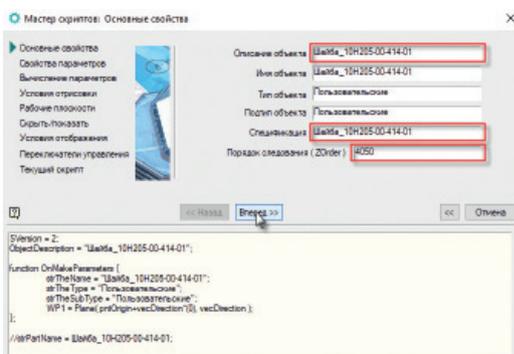


Рис. 18. Заполнение основных свойств объекта

В поле *Спецификация* вводим наименование объекта в том виде, в котором он будет отображаться в спецификации. Значение в поле *Порядок следования* регулирует перекрытие объектов относительно друг друга на сборочном чертеже. В окне *Свойства параметров* добавляем недостающие параметры и задаем им значения. Уже имеющиеся параметры корректируем.

Для нашего примера зададим следующие значения:

$$b = 4; B = 6; D = 71,5; D1 = 0,75 * D; \\ d = 30; f = 1; l = 0$$

Делаем все параметры доступными для редактирования: выбираем параметр, щелкаем *Доступна для редактирования* (рис. 19).

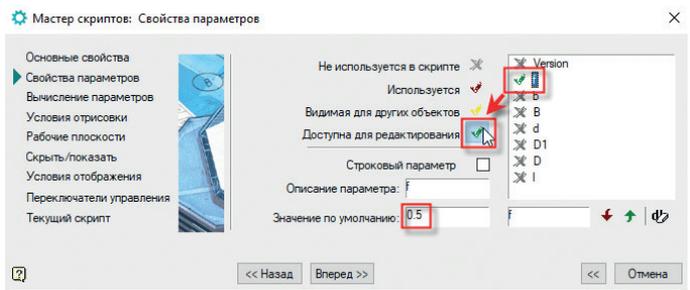


Рис. 19. Редактирование параметров объекта

Для того чтобы добавить параметр, вводим в поле наименования уже имеющегося параметра новое обозначение и щелкаем по кнопке *Добавить параметр*, а затем вносим в созданный параметр значение, которое будет присваиваться по умолчанию (рис. 20).

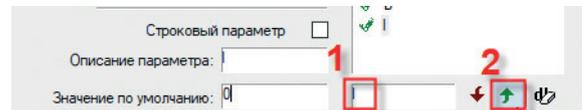


Рис. 20. Добавление параметров объекта

На следующем шаге проверяем последовательность параметров. Для правильного исполнения скрипта параметр *D* должен быть выше *D1*, поскольку последний задается формулой через первый. При необходимости меняем положение кнопками *Порядок параметров* (рис. 21).

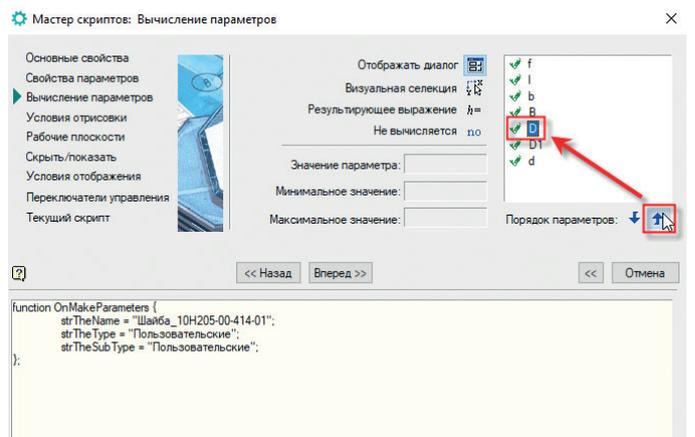


Рис. 21. Изменение порядка параметров

На следующем шаге, ничего не меняя, нажимаем *Вперед* (рис. 22).

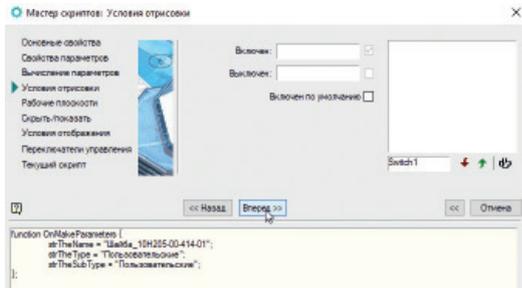


Рис. 22. Задание условий отрисовки объекта

Теперь добавим описание рабочей плоскости – это понадобится для наложения зависимостей между другими компонентами. Нажимаем кнопку *Добавить плоскость*, устанавливаем ориентацию OYZ и включаем опцию *Доступна для редактирования другими* (рис. 23). Нажимаем *Вперед*.

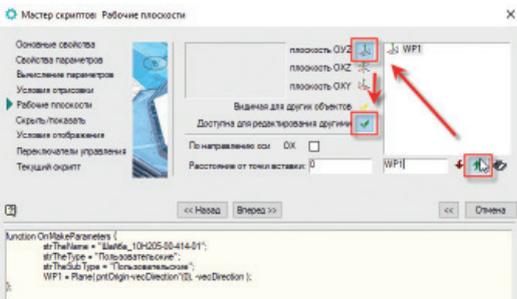


Рис. 23. Создание рабочей плоскости объекта

Следующие два шага проходим без внесения изменений (рис. 24).

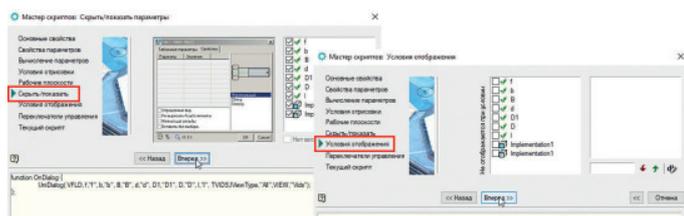


Рис. 24. Видимость параметров и условия отображения объекта

В окне *Переключатели управления* контролируем переменную *Отрисовывать объект во время вставки*: эта опция должна быть включена (рис. 25).

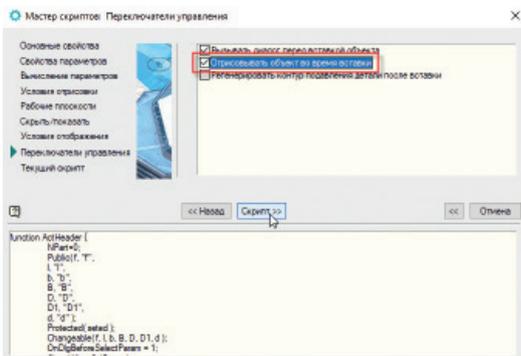


Рис. 25. Переключатели управления объекта

На завершающем шаге работы *Мастера скриптов* можно посмотреть сгенерированный программный код и при необходимости вернуться на любой из пройденных шагов для внесения изменений.

Нажмем *OK* и сохраним скрипт (рис. 26).

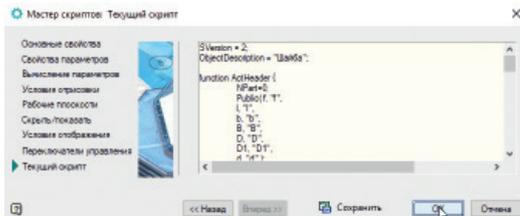


Рис. 26. Сгенерированный в *Мастере скриптов* код объекта

Теперь можно проверить работу нового объекта. Сохраним внесенные в объект изменения и закроем *Мастер объектов*. В *Базе элементов* находим созданный объект (папка *Пользовательские*). Если он не отображается, следует нажать кнопку *Обновить* на панели инструментов. Щелкаем по объекту и переводим указатель мыши в пространство модели. Выбираем точку вставки и направление. Появится окно с параметрами. В поле *Значение* можно менять значение любого параметра. В левой части окна доступен выбор вида. Выбирая тот или иной вид, можно видеть его изображение в окне предварительного просмотра – это очень удобно, когда объект имеет множество видов.

Поменяем значения *b* на 4, а *b* на 2, нажмем *OK*. Геометрия шайбы изменится соответствующим образом (рис. 27).

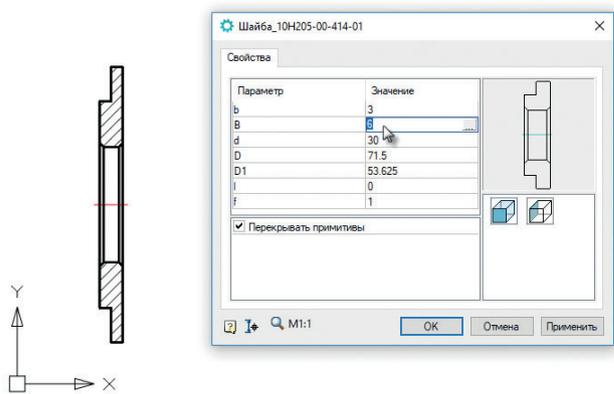


Рис. 27. Диалог вставки объекта

Двойным щелчком по объекту можно вернуться в режим редактирования шайбы, а затем вновь поменять параметры, но это удобно лишь в том случае, когда подобные изменения вносятся крайне редко. Учитывая, что шайба является одним из изделий, постоянно используемых в машиностроительном проектировании, и может иметь более десятка исполнений, такой вариант не совсем приемлем. Более правильно создать дополнительные исполнения с новыми значениями, что в дальнейшем избавит вас от лишних действий. Об этом, а также о том, как создавать сборочные зависимости, пойдет речь в следующей части.



Выбираем второе исполнение, нажимаем *OK*. Ширина шайбы изменится в соответствии со значениями параметров, заданными в *OnInitialization*.

Теперь, чтобы использовать новый объект в параметрической сборке, необходимо создать внешние зависимости. Такие зависимости описываются в обработчике *OnConnect*. В базовом примере *Шайба* (порядок подключения этого объекта к базе представлен в части 2: "Работа с кодом объекта. Мастер скриптов") основные сборочные зависимости уже заданы. Откроем этот объект в *Мастере объектов*, скопируем часть скрипта, описывающего функцию *OnConnect*, и вставим данный код в новую шайбу (рис. 35).

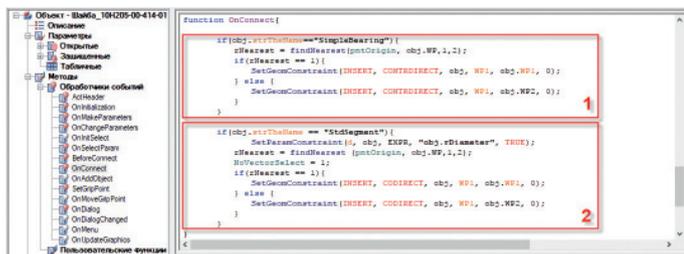


Рис. 35. Описание зависимостей объекта

Первая часть этого скрипта создает сборочную зависимость добавляемого элемента и подшипника – таким образом, что при указании подшипника рабочая плоскость элемента (в данном случае торец шайбы) будет совпадать с ближайшей плоскостью подшипника. С какой стороны средней плоскости выбран подшипник, с такой и будет отображаться шайба.

Вторая часть описывает зависимость сегмента вала и внутренней (посадочной) поверхности шайбы, диаметр которой обозначен переменной "d". Используя функцию динамического выбора параметров (кнопка в диалоге вставки объекта ) , после указания поверхности можно перемещать устанавливаемый объект в любую точку вдоль оси.

После вставки кода в новый объект поднимемся по ветке *Обработчики событий в BeforeConnect*. Этот обработчик позволяет выводить сообщение-подсказку о необходимых действиях после добавления объекта в пространство модели. Запишем в него после *ResetLastConstraint()*; следующее выражение:

```
if(rPart == 0)
{strPromt = "Выберите подшипник, или ступень вала";}
```

В *ActHeader* добавим переменную *NSelect* со значением 2, которая определяет количество запросов объектов при вставке, – в случае необходимости это позволит контролировать посадочный диаметр шайбы выбором нужного диаметра вала, после указания подшипника.

Сохраним изменения и закроем *Мастер объектов*.

Чтобы протестировать полученный объект, возьмем несложную сборку, созданную из стандартных элементов базы *папoCAD Механика*. Скачать файл сборки можно по ссылке <https://goo.gl/g9Eks8>.

Откроем сборку и добавим в нее новый объект. Появится информационное сообщение, которое было прописано в обработчике *BeforeConnect*. В командной строке программа выведет запрос: "Выберите точку вставки". Указать подшипник необходимо таким образом, чтобы шайба оказалась слева от него (рис. 36).

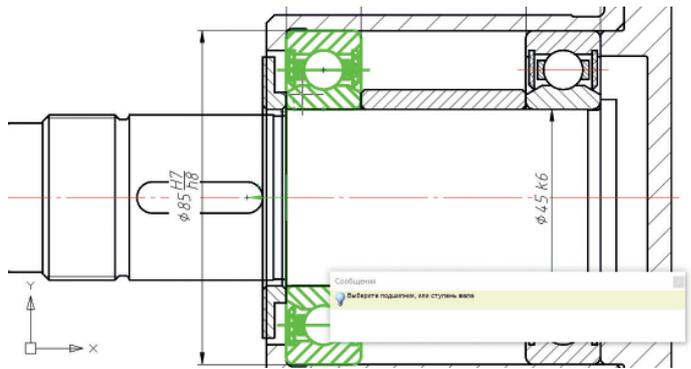


Рис. 36. Добавление объекта в сборку

Щелчком мыши фиксируем положение. Вторым щелчком выбираем ступень вала, на который устанавливается шайба, для корректировки внутреннего диаметра. Появится уже знакомое нам окно диалога вставки, в котором можно менять значения параметров и выбирать виды, а также менять исполнения. Выбираем второе исполнение, нажимаем *Применить*. Ширина шайбы изменится в соответствии с заданными параметрами, при этом будут сохранены зависимости с подшипником и валом (рис. 37).

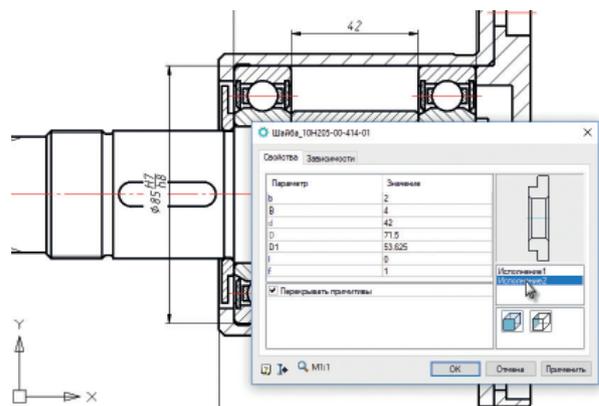


Рис. 37. Смена исполнения объекта в диалоге вставки

Фиксируем изменения нажатием кнопки *OK*. В дальнейшем при необходимости смены исполнения можно входить в диалог вставки двойным щелчком по объекту.

Теперь перейдем к управлению зависимостями.

Рассматриваемый узел является параметрической сборкой – все объекты связаны определенными зависимостями, и при изменении, скажем, размеров подшипников изменятся размеры всех взаимосвязанных деталей.

С помощью команды *Управление зависимостями* можно создавать или удалять различные зависимости между параметрами различных объектов базы, в том числе пользовательских.

Стандартные элементы базы, используемые в данном примере, уже имеют все необходимые зависимости. Для пользовательского объекта такие зависимости пока не заданы, но добавить их не составит большого труда. В качестве примера создадим зависимость диаметров шайбы и стакана, которая позволит избежать ошибок, связанных с наложением деталей при значительном уменьшении внешних диаметров подшипников и, как следствие, уменьшении размеров стакана.

Для запуска команды в меню *Механика* → *Стандартные* вызываем команду *Управление зависимостями* (рис. 38).

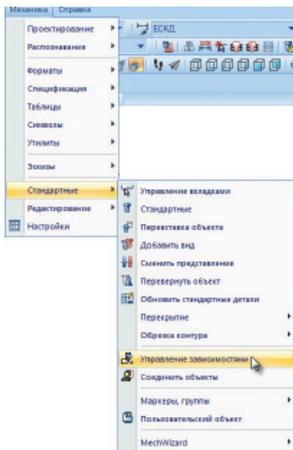


Рис. 38. Запуск функции *Управление зависимостями*

В открывшемся окне щелкаем по пиктограмме *Дочерний объект* и выбираем шайбу, затем в качестве родительского объекта выбираем деталь *Стакан*. Раскрываем ветви параметров обоих объектов и двойным щелчком выбираем в шайбе диаметр  $D$ , а в стакане — диаметр  $D_v$ . Параметры добавятся ниже в поле ввода. В правой части равенства можно вписывать математические выражения. Добавим "-0,25" после обозначения параметра, обеспечив таким образом зазор между деталями. Нажимаем кнопку *Сохранить зависимости* и закрываем окно щелчком по кнопке *OK*

(рис. 39). Внесенные изменения отобразятся на экране.

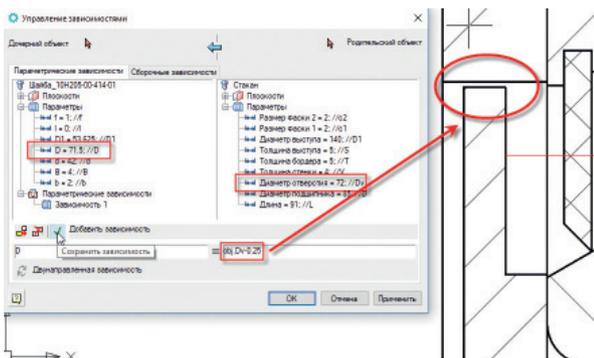


Рис. 39. Создание зависимости между объектами

Для проверки работы созданной зависимости изменим параметры подшипников. Для этого входим в диалог вставки объекта и меняем наружный диаметр с 85 на 75 или на 100, нажимаем *OK*. Размеры подшипников и, как следствие, диаметр стакана изменятся, но диаметр отверстия стакана останется прежним, заданный размер зазора сохранится (рис. 40).

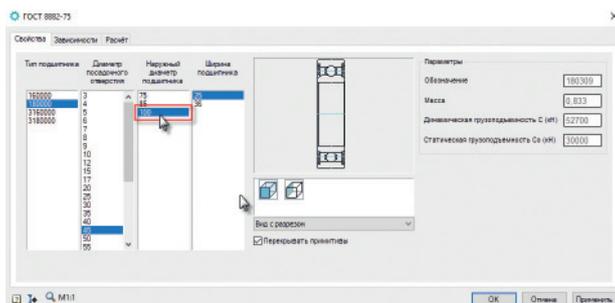


Рис. 40. Диалог вставки параметрического подшипника

Таким образом можно связывать любые параметры разных деталей, а также вносить в созданные зависимости изменения, используя математические выражения.

В завершение, для наглядности и упрощения визуального поиска, посредством функционала *Мастера объектов* можно добавить в окно предпросмотра объекта картинку или 3D-модель. Для этого, находясь в *Мастере объектов*, необходимо щелкнуть ПКМ по самому верхнему элементу дерева и выбрать из контекстного меню один из первых двух вариантов.

В нашем случае подготовлена 3D-модель шайбы (скачать которую можно здесь: <https://goo.gl/Vo2p7>), поэтому выбираем *Установить на объект картинку для предварительного просмотра* (рис. 41). При этом в пространстве модели должна быть открыта соответствующая модель. Щелкаем по модели, нажимаем *Enter* — модель шайбы отобразится в окне предпросмотра. Со-

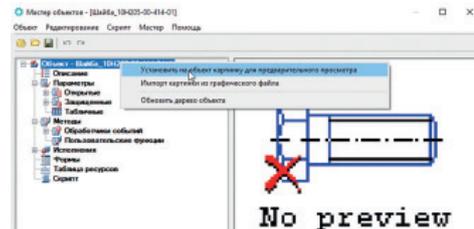


Рис. 41. Установка 3D-модели в предпросмотр объекта

хранить и закроем *Мастер объектов*. Чтобы модель отобразилась в окне предварительного просмотра, следует нажать кнопку *Обновить* на панели инструментов вкладки *База элементов*. Для вращения модели в окне предпросмотра наведите на нее курсор и переместите прижатой кнопке мыши (рис. 42).

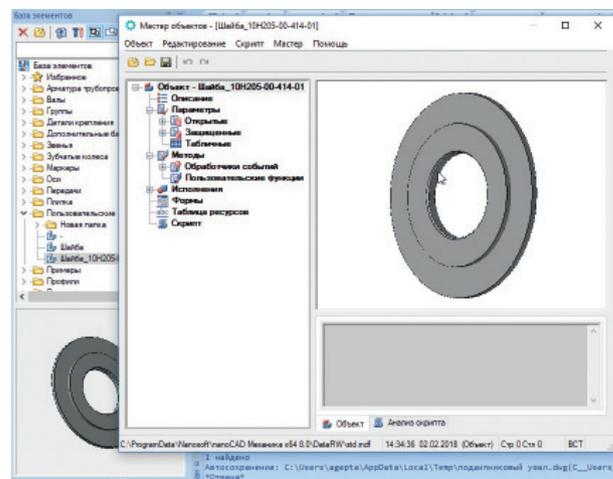
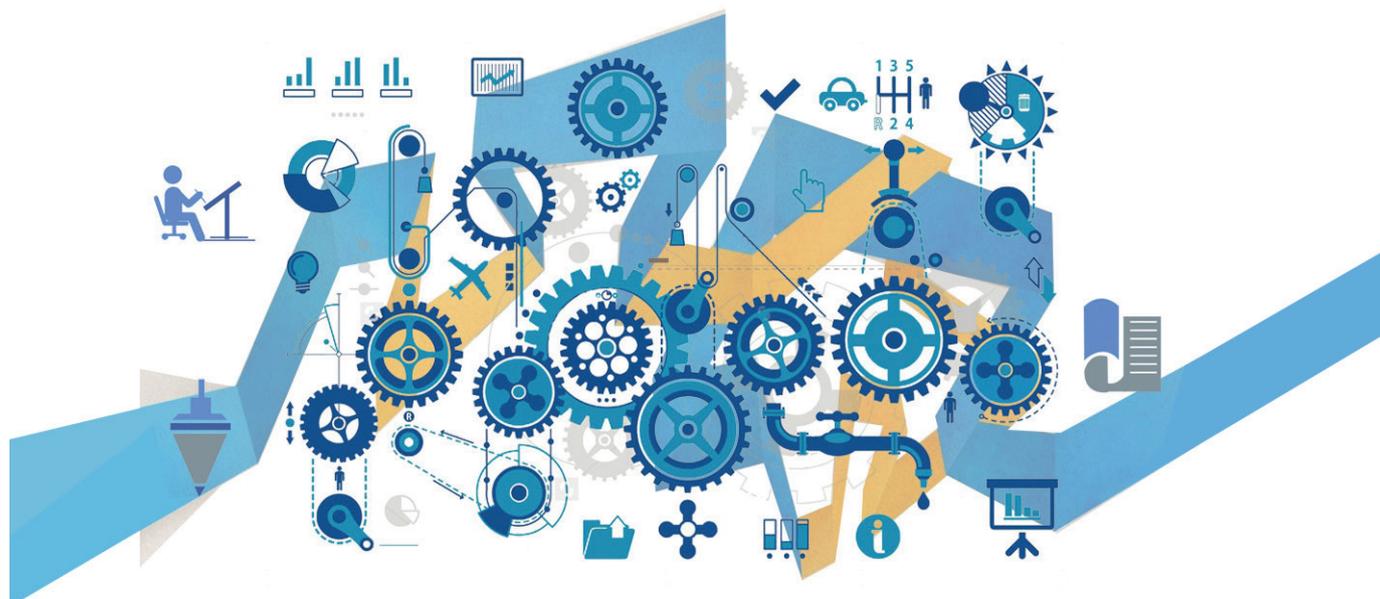


Рис. 42. 3D-модель в предпросмотре объекта

Итак, мы рассмотрели некоторые возможности nanoCAD Механика, относящиеся к созданию параметрических объектов и работе с ними. Отметим нюансы подготовки геометрии для создания параметрического элемента и добавления нового элемента базы, научились подключать импортированный файл. Разобрали способы параметризации элементов базы: с помощью *Мастера скриптов* и по объектам-аналогам. Освоили процесс создания внешних зависимостей пользовательской детали для работы с параметрическими сборками. Конечно, параметризация — это до некоторой степени уход от традиционных приемов, но при грамотном применении она позволяет значительно ускорить процесс проектирования и повысить его качество. Как следствие, параметрическое моделирование медленно, но верно обретает права нового стандарта проектирования. Что же касается программы nanoCAD Механика, то совершенствование инструментов параметрического моделирования уже стало одним из основных векторов ее развития.

**Алексей Генна,**  
руководитель проекта nanoCAD Механика ЗАО "Нанософт"  
Тел.: (495) 645-8626  
E-mail: [agepta@nanocad.ru](mailto:agepta@nanocad.ru)



## ➤ НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### Как новые технологии моделирования повышают эффективность проектирования на малых и средних предприятиях

#### Устраняем потери эффективности проектирования

Время — главная ценность для инженеров небольших и средних компаний. Дел в буквальном смысле слишком много. Нужно заниматься проектированием. Нужно общаться с заказчиками, поставщиками, партнерами. Нужно разбираться с нестандартными ситуациями на производстве. Продолжать этот список можно долго. Когда инженер наконец садится за свой стол, он просто вынужден работать продуктивно.

Одна из главных обязанностей инженера — создавать цифровую геометрию для своих конструкций. Она позволяет проверять и оптимизировать их. Она необходима для анализа. Она помогает создавать траектории инструмента для станков ЧПУ. Она нужна для создания чертежей. Создание геометрии — основа для множества других этапов работы.

В последнее время продуктивность работы с геометрией заметно выросла. Параметрическое моделирование с его функциями контроля размеров конструктивных элементов позволяет инженерам тщательно фиксировать свой конструкторский замысел. В результате изменения становятся более продуманны-

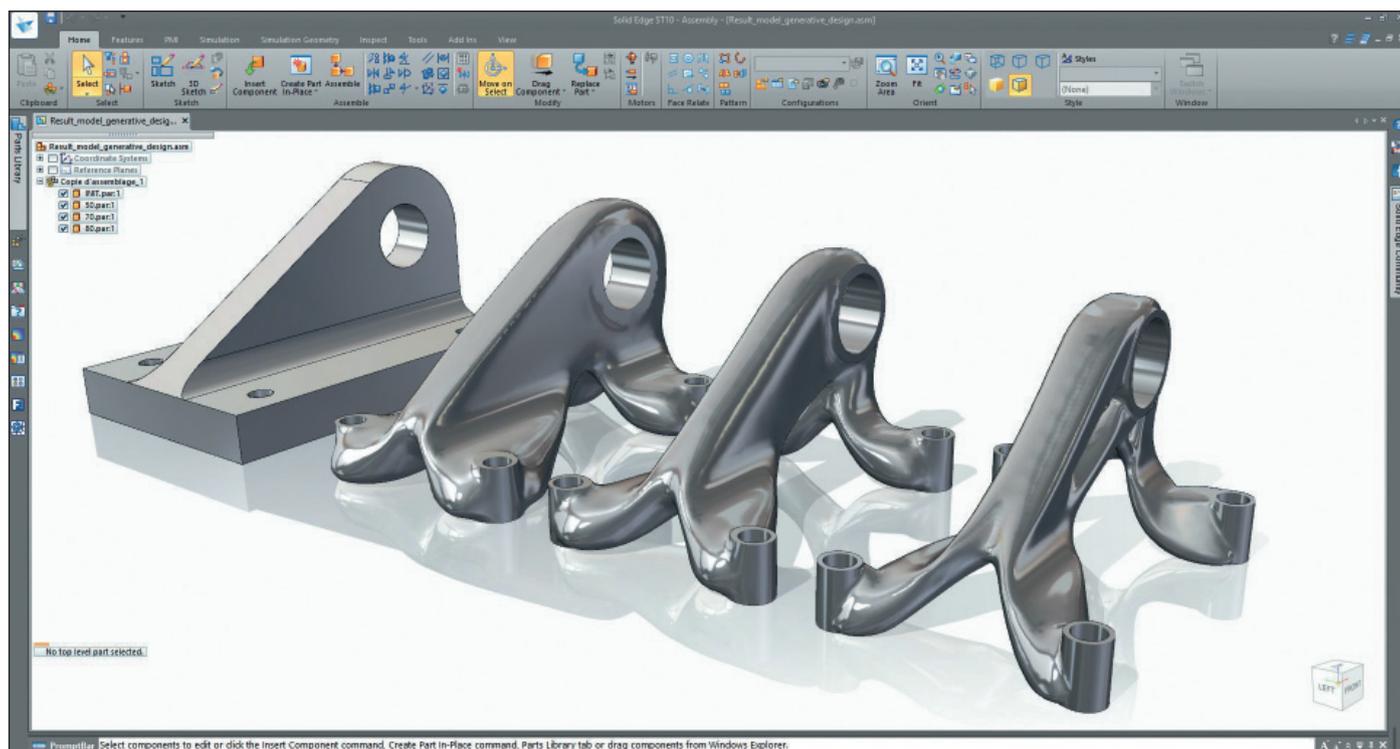
ми и вносятся гораздо быстрее. Работая с прямым моделированием, инженер может легко перемещать геометрию конструкции. Оба эти метода по-своему полезны.

Но, к сожалению, продуктивность некоторых этапов проектирования не увеличилась. До сих пор очень не хватало поддержки обратного инжиниринга, который позволяет проводить цифровое сканирование существующих элементов и сохранять данные в виде фасетных моделей. Фасетные модели также получают в результате генеративного проектирования, позволяющего генерировать альтернативные варианты конструкции. Модели для 3D-печати, которые также являются фасетными, необходимо редактировать. Все три метода работают с фасетными данными, при этом ни параметрическое, ни прямое моделирование не поддерживают этот тип геометрии.

Тем не менее технологии для работы с фасетной геометрией существуют. С помощью фасетного моделирования инженеры могут улучшать качество сетки, добавлять или удалять материал. До сих пор основной проблемой было отсутствие CAD-приложения, которое

объединяло бы параметрическое и прямое моделирование с фасетным моделированием. В такой ситуации инженерам приходилось без конца переносить геометрию из одного приложения в другое. В результате такого переноса регулярно возникали ошибки. Кроме того, конструкторам нужно было разбираться в интерфейсах разнообразных приложений. Таким образом, тратилось время и падала производительность работы.

К счастью, сейчас появляются новые решения, способные избавить инженеров от этой проблемы. Некоторые CAD-приложения интегрировали параметрическое, прямое и фасетное моделирование в единую среду. Эти решения обещают повысить продуктивность инженеров небольших и средних компаний. Задача данной статьи — провести детальное исследование очерченных выше проблем. В ней вы найдете подробную информацию о том, с какими трудностями сейчас сталкиваются инженеры небольших и средних компаний, какие области проектирования нуждаются в поддержке, какие недостатки можно найти в традиционных системах и какие преимущества могут дать новейшие технологии.



Исходная модель и варианты оптимизированной формы детали

### Много обязанностей, мало времени

Сегодня инженеры не могут позволить себе работать непродуктивно. CAD-приложения, объединяющие параметрическое, прямое моделирование и фасетное моделирование, могут стать для них по-настоящему перспективным решением. Практически любой сотрудник небольшой или средней компании выполняет самые разные функции и работает в различных ролях. И инженеры — не исключение.

### Инженер-универсал

Инженеры, работающие в крупных компаниях, часто ориентированы на один узкоспециализированный этап проектирования или разработки. Например, инженер-расчетчик может целыми днями заниматься исключительно численным моделированием, а инженер-исследователь — испытаниями. Иногда целые инженерные отделы специализируются на концептуальной разработке новых изделий. При этом отдельный специалист может заниматься проектами поставщиков и их интеграцией в процесс разработки. Как правило, такие инженеры имеют четко очерченный круг связанных с проектированием задач и являются высококлассными специалистами в своей области.

Однако в небольших и средних компаниях все обстоит далеко не так гладко. Ин-

женеров в штате гораздо меньше, и они должны заниматься всем сразу. Их сфера ответственности гораздо шире, а кроме того, один день их работы может быть совершенно не похож на другой. Сегодня они сидят за столом и проектируют, завтра могут уехать к поставщику и заниматься проверкой его проектов, а следующий день провести за численным моделированием и подготовкой к физическому испытанию. Инженеры небольших компаний обладают многочисленными навыками и выполняют самые разные задачи, связанные с проектированием.

Такие специалисты являются универсалами и для выполнения своих обязанностей должны использовать множество инструментов. Они разрабатывают новые конструкции и конфигурируют имеющиеся, используя параметрическое моделирование, модифицируют устаревшие элементы посредством прямого моделирования и работают с сеточными моделями с помощью фасетного моделирования.

При этом огромное количество ежедневных задач не позволяет им тратить время на то, чтобы разобраться, как работают разнообразные специализированные программы. Системы CAD должны облегчать, а не усложнять их работу. Инженерам-универсалам просто необходим единый инструмент, охватывающий все стоящие перед ними задачи.

### Объединение IT-задач

Еще одна особенность работы инженеров в небольших и средних компаниях — высокая степень независимости IT. В крупных компаниях за установку, обновление и обслуживание программного обеспечения, например CAD-приложений, отвечают специалисты IT-отдела. В небольших компаниях делать всё это приходится самим инженерам.

В результате они вынуждены заниматься установкой и обновлением ПО, вместо того чтобы концентрироваться на проектировании и разработке изделий. Рационализацию ПО обычно инициируют крупные корпорации, но выгодно это в первую очередь мелким компаниям. Возможность использовать одну технологию там, где понадобилось бы две или три, заметно облегчает жизнь инженерам — хотя бы потому, что у них становится меньше приложений, управлением которыми нужно заниматься. Объединение IT-задач для них — огромный плюс.

### Ситуации при проектировании, когда используется фасетная геометрия

Проектирование изделия может включать большой объем разработки методом параметрического моделирования. При этом многие компании стараются максимально использовать уже имеющиеся элемен-



ты, а для этого в первую очередь необходимо прямое моделирование. Наконец, для работы с фасетными моделями требуется фасетное моделирование. Данный раздел посвящен ситуациям, когда нужно работать с фасетными моделями.

## Обратный инжиниринг

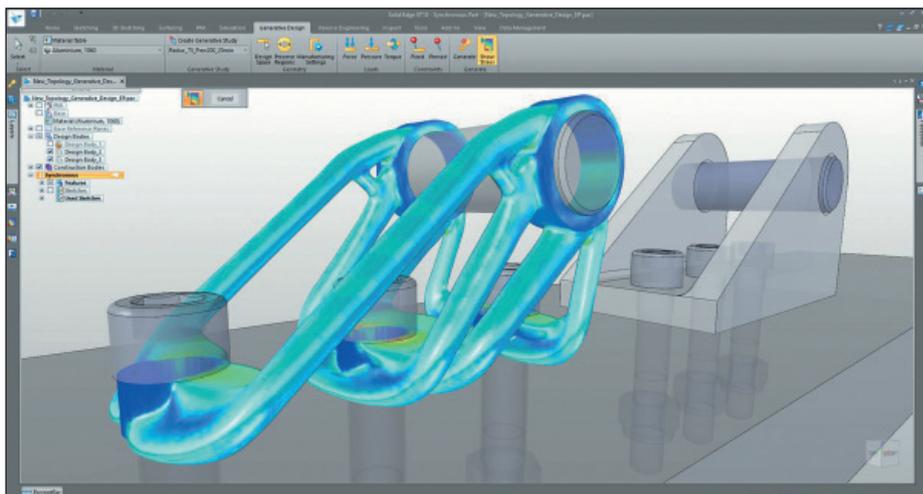
Обратный инжиниринг — один из самых старых методов в истории проектирования. Этим термином обозначают процесс получения геометрии уже готового изделия или физического объекта. Это делается, например, для разработки новой конструкции, которая будет улучшенным вариантом уже существующей, или для создания нового компонента, который нужно вписать в уже имеющийся. Обратный инжиниринг необходим, когда у инженера нет документации или 3D-модели на нужное изделие. Так бывает, когда компания, изготовившая изделие, закрылась или когда изделие было изготовлено еще до начала эры компьютерных технологий. В любом случае, когда нужен обратный инжиниринг, процесс начинается с уже существующего изделия и разворачивается в обратном порядке: от реального объекта к элементу проектирования.

Обратный инжиниринг таких компонентов может включать исследования, физические испытания и демонтаж изделия, который необходим, чтобы понять, как оно работает. Кроме того, цифровое 3D-представление изделия нужно для традиционных последующих этапов, таких как поставка, технологическая подготовка производства, обеспечение качества и т.д. Чтобы получить это цифровое представление, обычно производят 3D-сканирование.

В процессе сканирования физического объекта различные датчики делают тысячи измерений. В результате создается облако точек. Затем при помощи ПО для моделирования между этими точками создаются плоскости и получается геометрия сетки.

В зависимости от конечной цели сценарий обратного инжиниринга может меняться. Цели могут быть следующими:

- **сканирование — поверхность.** В этом случае инженер хочет отсканировать физический элемент и разработать цифровую 3D-модель его поверхности, — чтобы потом, к примеру, интегрировать ее в конструкцию, созданную методом параметрического или прямого моделирования;
- **сканирование — печать.** В этом случае инженер сканирует физический эле-



Эпюра распределения напряжения в оптимизированной модели

мент, чтобы создать его физическую копию методом 3D-печати. Интересно отметить, что в этом сценарии вообще не используется традиционный подход к моделированию;

- **сканирование — траектория.** В этом случае инженер сканирует физический элемент, чтобы воспроизвести его с помощью традиционных методов обработки.

Обратите внимание на то, что у каждого из этих сценариев есть модификации. После сканирования инженер решит добавить отверстия, ребра или что-то еще, что может понадобиться для крепления или присоединения другого объекта. В перечисленных ситуациях работа с фасетной геометрией в традиционных САД-приложениях разбивается на несколько этапов, поскольку ни одно из них не может предложить необходимую комбинацию возможностей.

## Генеративное проектирование

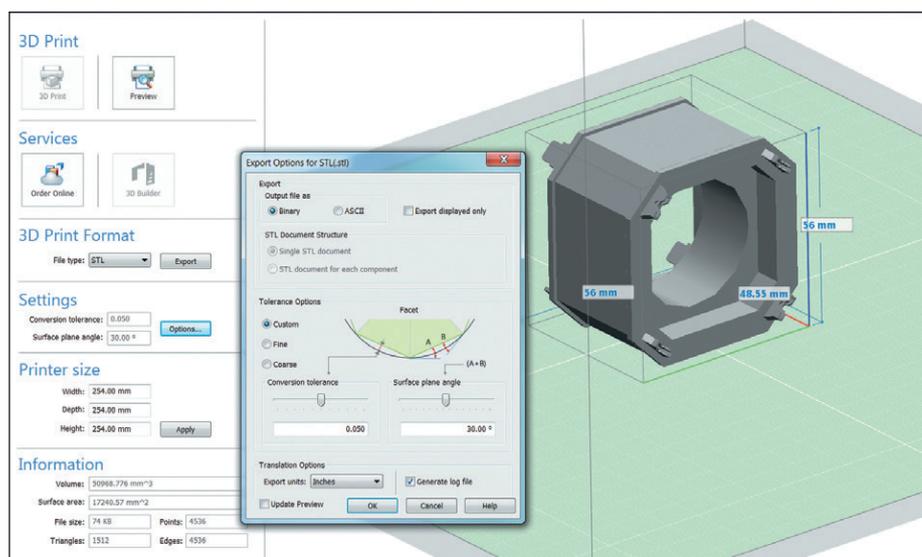
Генеративное проектирование, в отличие от обратного инжиниринга, относится к самым передовым технологиям. Общая идея заключается в том, что с помощью программного обеспечения можно создать определенное количество различных конструктивных решений, задав ограничения. Этот метод использует такие технологии, как топологическая оптимизация, которая запускает структурное численное моделирование и убирает материал, не несущий нагрузки. В то же время для определения оптимального соотношения веса и прочности в генеративном проектировании используются модели поведения, взятые из природы. Например, рост колоний бактерий или эволюция скелета. Эти

модели поведения используются для автоматизации других функций проектирования. Учитывая загруженность современных инженеров, возможность получить альтернативные варианты из независимого источника является огромным преимуществом.

Генеративное проектирование основано на анализе методом конечных элементов, который разбивает конструкции на элементы и вершины. Во время удаления материала программа убирает некоторые элементы из тех, что не несут нагрузки. Финальный этап такого анализа конструкции — получение геометрии сетки практически как в обратном инжиниринге.

После того как инженер выбирает один из вариантов, предложенных системой генеративного проектирования, он использует его в дальнейшем процессе разработки. Ситуации могут быть следующими:

- **сетка — поверхность.** В этом случае инженер хочет сделать на основе фасетной геометрии стандартную 3D-модель. Например, для того чтобы интегрировать результат генеративного проектирования в конструкцию, созданную методом параметрического или прямого моделирования;
- **сетка — печать.** В этом случае цель инженера — изготовить конструктивный элемент методом 3D-печати (в противоположность традиционным методам);
- **сетка — траектория.** В этом случае инженеру нужно изготовить изделие традиционным методом, используя фасетную геометрию, полученную методом генеративного проектирования.



3D-печать

Как и в случае с обратным инжинирингом, у каждого из этих сценариев могут быть модификации. Чтобы затем делать сборку, инженер может добавить отверстия, ребра, карманы и т.д. Или, возможно, что-то удалить. Разработанные таким способом компоненты в сборке с большой долей вероятности будут располагаться рядом с моделями с точным представлением. Как и в случае с обратным инжинирингом, в перечисленных ситуациях работа с геометрией сеток в традиционных CAD-приложениях разбивается на несколько этапов, поскольку ни одно приложение не может предложить необходимую комбинацию возможностей.

### 3D-печать

3D-печать — одна из революционных технологий современного проектирования. Это метод изготовления физических объектов по 3D-модели путем накладывания множества тончайших слоев материала один поверх другого. С помощью 3D-печати инженеры быстро изготавливают прототипы. Производители используют этот метод для создания компонентов производства.

Основой 3D-печати служит фасетная модель. Это означает, что инженеры должны экспортировать свои 3D-модели в фасетный формат независимо от того, создавали они их методом параметрического, прямого или фасетного моделирования. Иногда инженерам приходится модифицировать выходные данные, повышая качество сетки или добавляя (убирая) элементы геометрии, например ребра или отверстия. И в этом, опять же, им не могут помочь традиционные CAD-

приложения, поскольку в них нельзя полноценно работать с фасетными моделями.

### Обмен данными с поставщиками

Еще одна ситуация, в которой инженерам необходимо работать с фасетами, — обмен данными по проекту с поставщиками или сайтами, где закупается детали. Вместо того чтобы давать поставщикам доступ к исходным CAD-файлам, некоторые компании открывают доступ к фасетным моделям, поскольку таким образом сокращается риск утечки информации, являющейся интеллектуальной собственностью. Это в первую очередь касается сборок, которые содержат готовые стандартные компоненты. В результате инженеры должны включать такие фасетные модели в свой проект, а для этого им потребуется вносить в них изменения. Традиционные CAD-приложения не могут в этом помочь, поскольку в них нельзя работать с фасетами.

### Выводы

Итак, есть четыре основные ситуации, в которых инженерам необходимо работать с фасетами. Обратный инжиниринг дает возможность сканировать физические элементы, чтобы воспроизвести их или создать другие на их основе. Генеративное проектирование позволяет автоматически создавать альтернативные варианты конструкций на основе заданных ограничений. С помощью 3D-печати можно изготавливать детали быстро и легко. Некоторые поставщики предпочитают предоставлять цифровые модели в фасетном формате.

В подобном случае инженеры должны иметь возможность не только импортировать эти модели, но и изменить их. Традиционные CAD-приложения не дают такой возможности, и инженерам приходится обращаться к специализированным приложениям, что снижает продуктивность их работы. Им необходимы CAD-приложения, объединяющие параметрическое, прямое и фасетное моделирование.

### Разорванный процесс проектирования при традиционном подходе

Благодаря обратному инжинирингу, генеративному проектированию, 3D-печати и необходимости делиться проектами с поставщиками, фасетное моделирование стало крайне распространенным способом проектирования. Конечно, для работы над подобными проектами существуют традиционные технологии. Но использование стандартных инструментов заметно снижает продуктивность инженера, разбивая рабочий процесс на несколько этапов.

### Функциональность в моделировании

Как уже было отмечено, существует два основных метода традиционного моделирования геометрии. Параметрическое моделирование позволяет создавать модель элемент за элементом при помощи параметрического управления размерами. Прямое моделирование дает возможность изменять существующую геометрию путем перетаскивания. Оба метода основаны на работе с так называемым точным представлением, на котором геометрия представлена в виде плоских или плавных криволинейных поверхностей.

В противоположность этому, фасетная геометрия — это облако точек, представляющих внешнюю поверхность конструкции. Некоторые CAD-приложения превращают это облако в твердотельную геометрию путем создания плоских треугольников или трапеций и сшивания их в сплошное твердое тело. Фасетное моделирование позволяет инженерам настраивать качество получившейся сетки и изменять геометрию, добавляя или удаляя материал.

Традиционные CAD-приложения для создания 3D-моделей и других элементов обычно включают параметрическое и прямое моделирование. В результате использования обоих этих методов получается контурное представление. Фасетное моделирование, к сожалению,



в абсолютном большинстве таких приложений не представлено.

Большинство CAD-приложений не работают с фасетной геометрией, а значит инженерам нужно искать другие решения. Некоторые автономные приложения поддерживают фасетное моделирование. В принципе, инженеры могут использовать эти приложения вместе с традиционными CAD-системами, однако такой сценарий имеет множество недостатков.

### Повторное изучение приложений

Оценивая преимущества и недостатки использования одной или нескольких технологий, очень важно понимать контекст. Как уже было сказано, в небольших и средних компаниях инженерам приходится иметь дело с целым потоком разнообразных задач. Бывают дни, когда они вообще не добираются до своего рабочего места. Когда им нужно решить задачу, они должны сделать это быстро и эффективно. В противном случае это отрицательно скажется на их продуктивности.

Из этого вытекает основной недостаток использования двух разных инструментов для работы с геометрией проекта: инженеры нужно разбираться в особенностях каждого из них. На это необходимо время. Но некоторые инженеры работают с фасетными моделями лишь изредка. Если инженер не пользуется приложением три месяца, а потом у него внезапно появляется потребность выполнить в нем какую-то работу, ему, скорее всего, нужно будет снова обращаться к инструкциям и заново разбираться в интерфейсе. Потом проходит еще месяц, и процесс повторяется снова. В результате производительность инженера снижается, а следовательно, сдвигаются сроки завершения проектов.

### Разорванный процесс проектирования

Сколько бы инструментов ни использовал инженер при разработке проекта, в результате он должен предоставить единую модель, которая отправится к покупателям, станочникам, тестировщикам и т.д. Это означает, что работу в традиционных CAD-программах и специализированных приложениях нужно каким-то образом объединять. Если вы представляете, как происходит обмен геометрией между CAD-приложениями, вам наверняка знакомы следующие проблемы. После перемеще-

ния модели из одного ПО в другое могут сместиться или и вовсе пропасть поверхности, линии и точки. Это означает, что модель "сломана", потому что она уже не является точным описанием изделия. И инженеру нужно разбираться с подобными проблемами каждый раз, когда он переносит геометрию из одного ПО в другое.

При перемещении геометрии из традиционной CAD-системы в специализированное приложение происходит то же самое. И снова у инженера появляется дополнительная работа, производительность падает и возникает риск задержек в проектировании.



### Больше приложений – больше забот

Мы уже останавливались на том, что в небольших и средних компаниях инженерам часто приходится выполнять функции IT-специалистов. Именно инженеры небольших компаний в первую очередь выигрывают от рационализации ПО, поскольку установка, обновление и обслуживание специализированных приложений тоже лежат на их плечах. Это отнимает время от проектирования и разработки.

### Выводы

Теоретически инженер может параллельно работать со специализированным приложением, когда ему нужны возможности фасетного моделирования, и традиционной CAD-системой, выполняя прямое и параметрическое моделирование. Но совместное использование этих инструментов приводит к целому ряду проблем. Инженерам приходится снова и снова осваивать специализиро-

ванное ПО. Они вынуждены без конца переносить геометрию из одного приложения в другое. Им нужно управлять еще одним приложением. Все это отнимает время, снижает производительность и приводит к срыву сроков разработки.

### Интегрированный процесс проектирования при прогрессивном подходе

Инженеры, вынужденные использовать два приложения и более для работы с фасетными моделями, теряют в производительности особенно сильно. Но есть и хорошие новости: несколько CAD-приложений расширили свой функционал и теперь предлагают интегрированный набор инструментов, включающий параметрическое и прямое моделирование, а также фасетное моделирование. Инженер может комбинировать эти функции так, как ему удобно. Поддерживаются следующие сценарии работы:

- **фасетное и точное представление.** Благодаря новым возможностям фасетного моделирования, сеточные модели не нужно преобразовывать в точные. Вместо этого в них можно внести изменения и использовать в работе с моделями, созданными методом прямого и параметрического моделирования. Конструкции, получившиеся в результате обратного инжиниринга и генеративного проектирования, можно легко добавить к традиционной геометрии;
- **от фасетных моделей к производству.** Раньше инженерам приходилось преобразовывать фасетные модели в точные, прежде чем вносить изменения, печатать или переходить к производству. Теперь в этом нет необходимости. Достаточно просто изменить геометрию сетки, добавляя или удаляя материал по мере необходимости, и можно сразу приступить к 3D-печати или производству. Таким образом, этап, который раньше занимал значительное время, благополучно остался в прошлом;
- **доработка модели для 3D-печати.** Еще один сценарий, ставший возможным после интеграции, позволяет вносить изменения в фасетную модель, подготавливая ее к 3D-печати. Инженер может изменить модель или даже качество геометрии сетки перед тем как отправить ее на 3D-печать. Раньше



Результат оптимизации несущей рамы швейно-вышивальной машины Bernina B880

перед этим фасетную геометрию нужно было преобразовывать в точное представление. Теперь этого делать не нужно.

Эти новые возможности дают множество преимуществ инженерам небольших и средних компаний-изготовителей. Им не нужно снова и снова осваивать дополнительные приложения. Им не приходится тратить время на то, чтобы устанавливать и поддерживать еще одну технологию. Они могут комбинировать возможности разных видов моделирования так, как им это удобно. Их производительность остается на высоте.

### Резюме и заключение

В небольших и средних компаниях инженерам приходится работать с более широким спектром задач, связанных с проектированием, IT и другими сферами, чем их коллегам из крупных корпораций. Но нагрузка у них ничуть не меньше, поэтому производительность остается важнейшим аспектом как для инженеров, так и для компаний, в которых они работают.

### Сценарии работы с геометрией сетки

Параметрическое и прямое моделирование — мощнейшие инструменты проектирования. Однако инженеры все чаще

используют обратный инжиниринг, чтобы создавать цифровые представления физических объектов, и генеративное проектирование, чтобы выбирать из предложенных программой вариантов конструкции и в итоге получать оптимальные продукты. В результате фасетная геометрия становится все более популярной. 3D-печать позволяет создавать прототипы и даже изготавливать детали гораздо быстрее. Поставщики все чаще предоставляют модели в фасетном формате. В основе всех этих сценариев лежит фасетная геометрия. Но не менее важной остается возможность интегрировать такие модели с точной геометрией, созданной методом параметрического и прямого моделирования.

### Раздробленный рабочий процесс

Большинство CAD-приложений позволяют работать только с параметрическим и прямым моделированием. Это значит, что для работы с фасетными моделями инженерам нужно искать специализированные приложения. Это вызывает множество трудностей, поскольку необходимо осваивать эти инструменты, а если работать с фасетными моделями требуется лишь время от времени — снова и снова обращаться к инструкциям. Также возникают проблемы при пере-

носе моделей из одного приложения в другое, поскольку в геометрии часто возникают ошибки. Кроме того, это увеличивает объем работы инженера, поскольку в этом случае он должен устанавливать, обновлять и поддерживать еще одно приложение.

### Интегрированный рабочий процесс

Некоторые CAD-приложения интегрировали параметрическое, прямое и фасетное моделирование в единую среду. Это позволяет инженерам работать одновременно с фасетной и точной геометрией. Также это означает, что больше нет необходимости преобразовывать фасетную геометрию в точную геометрию, созданную методом прямого и параметрического моделирования. Можно работать с фасетной геометрией напрямую, а затем сразу перейти к 3D-печати или производству. Такое сочетание возможностей позволит избавиться от множества сценариев, на которые сегодня инженеры тратят массу времени. Вместо этого они смогут заниматься проектированием.

### Заключительные выводы

Долгое время фасетная геометрия считалась нетрадиционным направлением проектирования. Но сейчас она становится всё более популярной, что отрицательно сказывается на производительности работы инженеров. Поэтому CAD-приложения с интегрированными возможностями не только параметрического и прямого моделирования, но и фасетного гораздо перспективнее с точки зрения повышения производительности.

*Чад Джексон (Chad Jackson),  
аналитик, исследователь  
и блогер Lifecycle Insights*



*С демонстрацией упомянутых в статье технологий проектирования в Solid Edge ST10 можно ознакомиться в серии вебинаров на сайте [www.cad-expert.ru](http://www.cad-expert.ru)*



## THEEBO TECH

### Производитель сельскохозяйственной техники использует Solid Edge для ускорения проектирования нового оборудования

Решение от Siemens PLM Software позволило компании Theebo Tech упростить и автоматизировать процессы разработки техники Equalizer, ранее связанные с постоянным риском появления ошибок.

#### Содействие инновациям

Компания Theebo Tech Pty Ltd начала свою деятельность на небольшой ферме неподалеку от Хопфилда, города на западном побережье ЮАР. Theebo Tech — разработчик и производитель линейки сельскохозяйственной техники Equalizer.

Из этой линейки наиболее известны сеялки Min-Till Precision SL и Wide Span Precision C, а также пневматическая сеялка Min-Till.

Theebo Tech продает свою технику не только в ЮАР, но и на зарубежных рынках.

"Solid Edge является одной из тех составляющих, которая позволяет нам проектировать инновационную технику", — заявляет руководитель департамента проектно-конструкторских работ Theebo Tech Теодор Тернер (Theodore Turner).

Двенадцать лет назад Theebo Tech при-

няла решение работать с программным продуктом Solid Edge® от Siemens PLM Software, специализирующейся на решениях по управлению жизненным циклом изделий. Решение базировалось на преимуществах Solid Edge при работе с листовым металлом и большими сборками, и правильность этого выбора со временем подтвердилась. Сборки Solid Edge содержат всё до последнего винта и гайки, и на основе этих сборок инженеры могут получить всю необходимую документацию для передачи в производство.





### Управление рисками

Сейчас Theebo Tech использует Solid Edge™ SP (Solid Edge для SharePoint®) – решение для управления процессом проектирования, которое обеспечивает удобство хранения и поиска файлов Solid Edge и связанных проектных данных, а также поддерживает визуальный подход к управлению соответствующими документами, структурами изделий и проектами.

Компания использует Solid Edge SP для упрощения и автоматизации процессов, связанных с риском появления большого количества ошибок: при внедрении новых изделий, внесении изменений и запуске в производство. Этот понятный подход к управлению сложными данными упрощает проектирование и помогает Theebo Tech выполнять проекты в срок и даже быстрее.

"У нас довольно широкий ассортимент, но мы стараемся делать наши проекты максимально модульными. Solid Edge для SharePoint позволяет нам повторно использовать свои наработки без сложностей и ошибок", – отмечает руководитель департамента проектно-конструкторских работ Теодор Тернер.

Проектировщики Theebo Tech опасались, смогут ли они надежно контролировать риски, связанные с внесением конструктивных изменений, но оказалось, что благодаря визуальному подходу

Solid Edge SP отслеживать связи между документами и зависимыми элементами стало гораздо проще.

### Визуализация связей

Для обеспечения высокого качества продукции требуется предоставить специалистам постоянный и простой доступ к необходимым документам. Solid Edge SP помещает все документы в один контейнер, поэтому пользователям не приходится их искать. Это существенно экономит время.

Теодор Тернер говорит также, что Solid Edge обеспечивает уникальную возможность помещать в тот же контейнер и другие документы. Это упрощает поиск прочих сведений: вы можете найти конструкторскую документацию, чертежи от поставщиков и результаты испытаний, просто проверив соответствующую карточку детали.

"Одна из наших любимых функций Solid Edge SP – это браузер связей, – говорит г-н Тернер. – Он очень наглядно показывает связи между файлами САПР, заданиями и уведомлениями о внесении изменений и проектами".

### Ускорение проектирования

Особенно высоко компания Theebo Tech оценила синхронную технологию Solid Edge, которая позволяет пользователю

### Продукт Solid Edge

#### Бизнес-задачи

- Выбор решения для проектирования, оптимально работающего с листовым металлом и большими сборками.
- Оптимизация процесса проектирования.
- Увеличение повторного использования существующих 3D-моделей.

#### Ключи к успеху

- Учет взаимосвязей между проектами и всеми зависимыми элементами.
- Простой доступ к важным документам.
- Использование синхронной технологии для ускорения разработки новой техники.

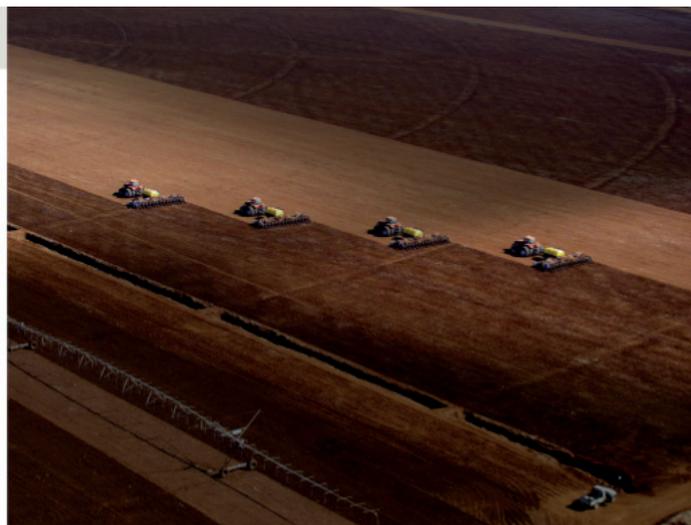
#### Результаты

- Значительное ускорение проектирования.
- Существенное увеличение повторного использования существующих 3D-моделей.
- Упрощение и автоматизация процесса проектирования, значительное повышение операционной эффективности.
- Более быстрый вывод новой инновационной техники на рынок.

#### Бизнес клиента

Theebo Tech – разработчик и производитель линейки сельскохозяйственной техники Equalizer. В этой линейке наиболее известны сеялки Min-Till Precision SL и Wide Span Precision C, а также пневматическая сеялка Min-Till.

Сайт компании: [www.equalizer.co.za](http://www.equalizer.co.za)



легко и быстро редактировать сложные детали.

Вместо того чтобы, как раньше, искать деталь, требующую редактирования, менять ее, а затем вносить изменения по всему дереву модели, пользователь теперь просто редактирует деталь и переходит к работе над следующей. "Процесс проектирования одной из наших машин, сеялки SL, от эскиза до готовой концепции занял у нас буквально три недели. И все это в основном благодаря функциональности и простоте использования Solid Edge, — отмечает главный инженер Theebo Tech Грант Паркс (Grant Parkes). — Используя Solid Edge, мы в несколько раз сократили сроки".

### Непревзойденные преимущества

"Мы убеждены, что Solid Edge обеспечивает нам непревзойденные преимущества, — заявляет г-н Тернер. — Эта высокоэффективная технология

без дополнительных сложностей, свойственных другим системам, позволяет

Процесс проектирования одной из наших машин, сеялки SL, от эскиза до готовой концепции занял у нас буквально три недели. И все это в основном благодаря функциональности и простоте использования Solid Edge

*Главный инженер Theebo Tech Грант Паркс (Grant Parkes)*

нам конкурировать с крупными производителями при меньшем количестве ресурсов".

Для производства своей популярной техники Theebo Tech сотрудничает с рядом других компаний. Одна из них — ESTEQ, партнер Siemens PLM Software, занимающийся консалтингом в области САПР. ESTEQ помогла Theebo Tech лицензированием и внедрением Solid Edge.

Гидеон Шредер (Gideon Schreuder), управляющий директор и владелец Theebo Tech, отмечает, что с внедрением Solid Edge компания смогла ускорить и сделать более эффективным вывод на рынок инновационных разработок.

Гидеон Шредер говорит, что заказчики особенно довольны качеством и постоянным совершенствованием их сельскохозяйственной техники. Он добавляет: "Solid Edge играет такую важную, незаменимую роль в нашем производственном процессе, что мы просто не можем без нее обойтись".

*По материалам компании Siemens PLM Software*



## ➤ ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

**В** общем случае обратный инжиниринг (Reverse engineering) означает процесс создания технической документации на основе имеющейся детали или конструкции. Иными словами, процесс проектирования идет в обратном направлении – от физического объекта к его абстрактному представлению.

### Применение обратного инжиниринга

В современном производстве нередко возникают ситуации, при которых обратный инжиниринг является оптимальным, а иногда и единственным способом решения различных задач. В машиностроении с его помощью получают цифровые копии макетов в ходе поиска формы новых изделий, также обратный инжиниринг полезен при разработке, модернизации и ремонте оборудования. Наиболее типичными случаями применения являются ситуации, когда:

- деталь нужна срочно, но:
  - производитель прекратил свою деятельность,

- такие детали больше не выпускаются,
- слишком велики сроки поставок или завышена цена;
- проектная документация не соответствует изделию, утрачена, ее сложно получить или таковая вообще никогда не создавалась;
- требуется анализ геометрии и расчет напряжений после длительной эксплуатации (износ, деформации). Такой анализ позволяет повысить качество продукции;
- необходим анализ продукции конкурентов.

В этих и других ситуациях посредством обратного инжиниринга получают цифровые 3D-модели, по которым с помощью аддитивных технологий может быть быстро изготовлена новая деталь.

### Современный обратный инжиниринг

В настоящее время термином "обратный инжиниринг" по большей части обозначается процесс получения цифровой 3D-модели реального изделия с использованием

автоматизированных систем проектирования. Процесс начинается с 3D-сканирования, при котором форма объекта преобразуется в математический образ в виде облака точек. Для этого применяются лазерные сканеры, устройства структурированного белого или синего света, координатно-измерительные машины (КИМ) и компьютерная томография. Наивысшей точностью (порядка 0,005 мм) обладают КИМ, оптические и лазерные сканеры отстают от них примерно на порядок. Однако для реверсного инжиниринга КИМ используются редко ввиду низкой скорости сканирования и, соответственно, проблем с получением большого количества точек. Результаты сканирования выдаются в виде файлов измерений или файлов фасетной 3D-модели в форматах OBJ, PLY, WRL, STL, AOP, ASCII и др. Следует подчеркнуть, что после 3D-сканирования в распоряжении инженера имеется только полигональная модель. Это очень важный момент, поскольку он существенно влияет на дальнейшие процессы обратного инжиниринга.

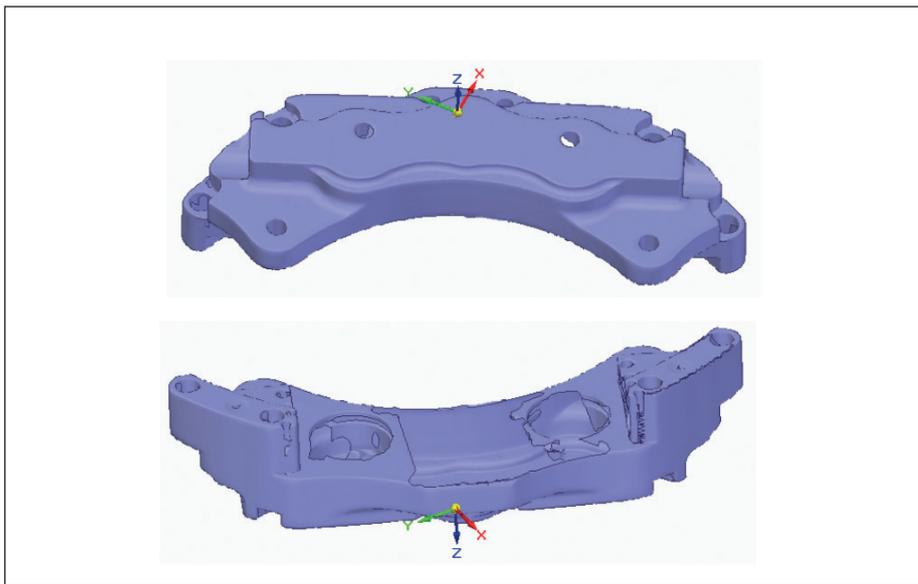


Рис. 1

Дело в том, что реальное 3D-сканирование никогда не даст идеального результата, и причины тут могут быть разными. В частности, есть проблемы со сканированием внутренних карманов. На рис. 1 в качестве примера показана сеточная модель с такими недостатками.

На иллюстрации хорошо видно, что некоторые поверхности частично или полностью отсутствуют. Понятно, что такой файл нельзя отправлять на 3D-печать, полигональная модель нуждается в доработке.

Необходимость доработки фасетной модели возникает не только из-за погрешностей сканирования. Редактирование может понадобиться в связи с модификацией детали, внесением каких-то изменений в конструкцию. Этим фактом обусловлена одна из сложностей обратного инжиниринга, поскольку большинство САПР работают с точным (BREP), а не с фасетным представлением.

Конечно, на основе полигональной модели можно получить BREP-представление, но долгое время для этого требовались дорогостоящие приложения. В массовом проектировании поло-

жение изменилось с появлением САПР среднего класса, обеспечивающих импорт и редактирование полигональных моделей с простым переходом на BREP-представление.

Современный обратный инжиниринг позволяет быстро получать цифровые модели физических объектов, а затем создавать их дубликаты с помощью всех доступных технологий

Первой из таких систем стала Solid Edge® ST10 компании Siemens PLM Software. В ней была впервые использована технология объединенного моделирования с одновременным использованием BREP и фасетного представления в одной и той же модели. В результате этап

редактирования модели стал выглядеть так, как это показано на схеме 1.

В Solid Edge ST10 редактирование фасетной модели сводится к применению привычных инструментов проектирования для работы с BREP-представлением. После того как работа над цифровой моделью завершена, деталь может быть изготовлена с помощью аддитивных технологий. Если в распоряжении пользователя ST10 имеется подключенный 3D-принтер, печать можно начинать сразу, используя встроенный интерфейс для 3D-печати.

Если принтера нет, то можно воспользоваться встроенным интерфейсом онлайн-сервиса 3D-печати 3YOURMIND. Здесь есть возможность выбрать поставщика с нужным материалом и цветом печати, подходящей оплатой и сроками поставки. Изготовленная деталь будет получена почтой, и на этом цикл обратного инжиниринга можно считать законченным.

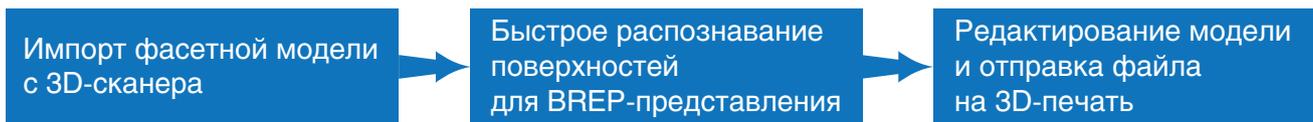
В описании процессов обратного инжиниринга акцент делается на аддитивные технологии как наиболее быстрые, удобные и перспективные. Однако это не значит, что здесь не могут быть использованы традиционные способы обработки металлов. После того как получена точная модель, для подготовки производства достаточно воспользоваться САМ-приложением. Таким образом, современный обратный инжиниринг позволяет быстро получать цифровые модели физических объектов, а затем создавать их дубликаты с помощью всех доступных технологий.

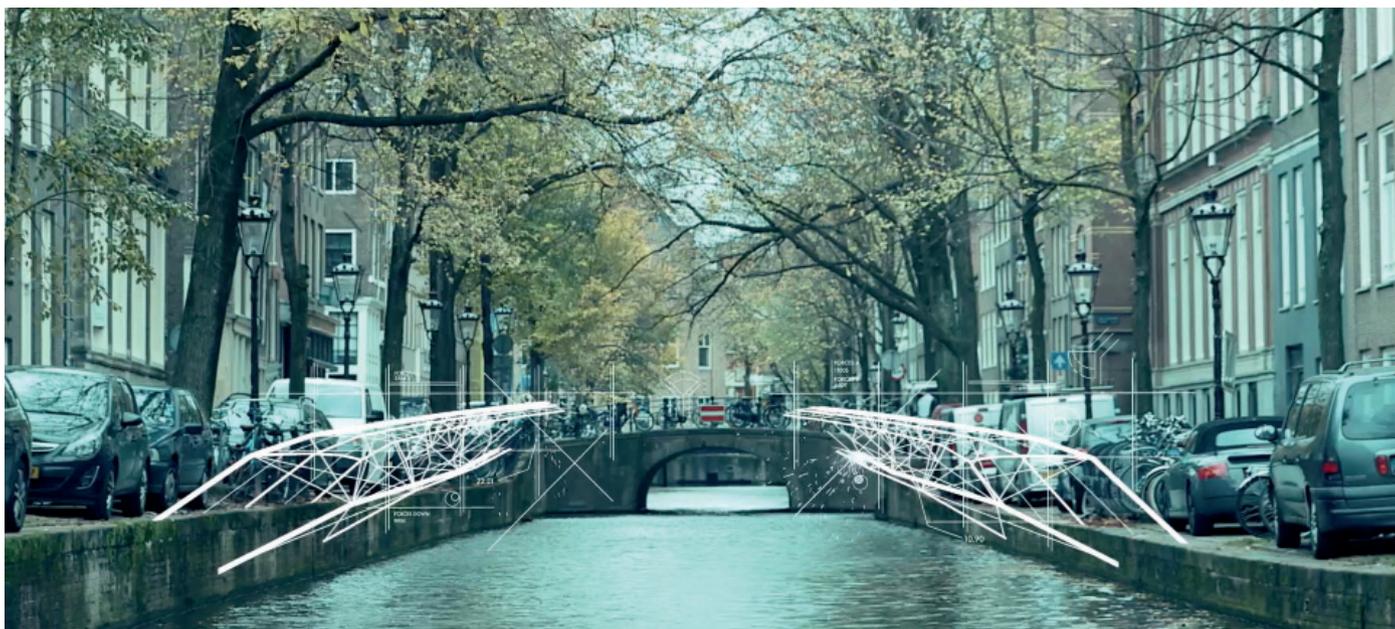
Олег Лукманов

При подготовке статьи использованы материалы компании Siemens PLM Software

С демонстрацией технологии обратного инжиниринга в Solid Edge ST10 можно ознакомиться на сайте [www.cad-expert.ru/new\\_tech](http://www.cad-expert.ru/new_tech).

Схема 1





## ➤ ГЕНЕРАТИВНЫЙ ДИЗАЙН: НА ПОРОГЕ НОВОЙ ЭПОХИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**Г**енеративный дизайн — принципиально новая технология проектирования. Основана она на применении программного обеспечения, способного самостоятельно, без участия конструктора, генерировать трехмерные модели, отвечающие заданным условиям. Фактически в системе "человек — машина" компьютеру передаются творческие функции, и он с ними отлично справляется.

Эта технология уже начинает применяться в качестве основного инструмента автоматизированного проектирования. Причиной тому рост вычислительных возможностей и чрезвычайно быстрое развитие 3D-печати — технологии, в полной мере способной к производству деталей и объектов, разработанных с помощью нового инструмента.

Сегодня стоимость 3D-печати и цена 3D-принтеров уже снизились до уровня,

позволяющего говорить о промышленном производстве на их основе. Что касается возможностей тандема "генеративный дизайн — аддитивные технологии", то они таковы, что ряд аналитиков именуется их применение не иначе как очередной промышленной революцией.

Взглянув хотя бы на несколько объектов, смоделированных с помощью генеративного дизайна и воплощенных посредством аддитивных технологий



Рис. 1. Пешеходный мост через канал в Амстердаме. Проект компании MX3D



Рис. 2. Кроссовки известного бренда. Распределение и форма пор рассчитаны по технологии генеративного моделирования



Рис. 3. Элемент конструкции швейной машины Bernina (красный цвет). Форма оптимизирована с применением генеративного дизайна

(рис. 1-3), в это совсем нетрудно поверить.

Авторы обзорных публикаций говорят о четырех направлениях генеративного дизайна:

- синтез формы;
- оптимизация поверхностей и структуры трехмерных решеток;
- оптимизация топологии (в соответствии с указанными параметрами убирается все лишнее);
- трабекулярные структуры (генеративный дизайн точно масштабирует и распределяет крошечные поры во всех твердых материалах, создает шероховатость поверхности).

Сегодняшний, пусть еще небольшой опыт доказывает, что развитие этих направлений несет с собой революционные изменения в архитектуре, машиностроении, производстве мебели, спортивной обуви и многого другого. Для практического применения в проектировании ведущие производители ПО для САПР разработали программные пакеты в виде отдельных приложений.

Специализированное ПО для генеративного дизайна отличается высокой мощностью и может применяться в различных отраслях производства. У него много плюсов, но не менее перспективны и приложения, встроенные в функционал САПР. Такие решения позволяют проектировщикам получать результаты быстро и на качественно новом уровне, но оставаясь при этом в своей системе моделирования. Свой вариант такого функционала предложила компания Siemens PLM Software.

### Генеративное моделирование в Solid Edge ST10

Для машиностроения особый интерес представляет оптимизация топологии — она приносит мгновенный эффект в виде экономии материалов и энергоресурсов, а также увеличения производительности. Именно этот вид генеративного дизайна реализован в Solid Edge ST10.

Топологическая оптимизация представляет собой поиск оптимальной формы детали при заданных условиях закрепления и нагружения. Подчеркнем, что оптимальной в данном случае считается форма, обеспечивающая наименьший вес.

В Solid Edge ST10 при запуске генеративного проектирования конструктор указывает область, в пределах которой будет формироваться деталь. Для этого задается ее приблизительная форма. На ней фиксируется расположение элементов

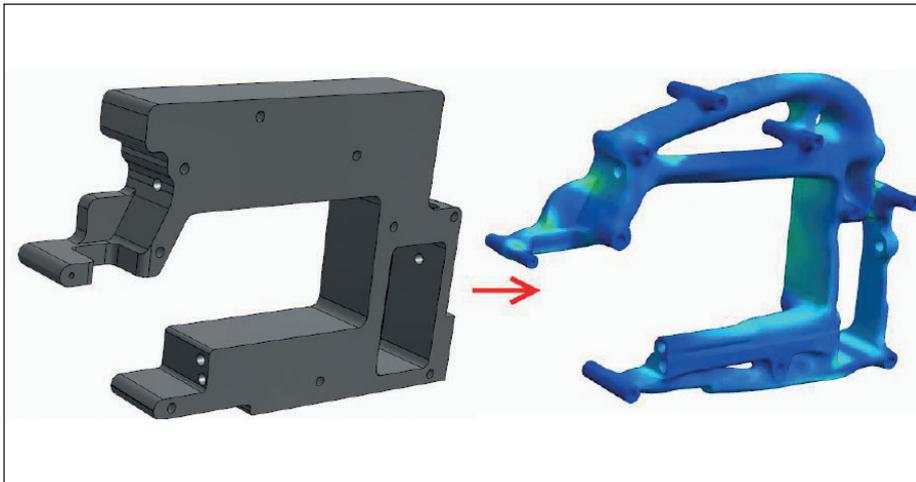


Рис. 4. Топологическая оптимизация в Solid Edge ST10. С помощью генеративного моделирования создается деталь с минимальной массой, отвечающая исходным требованиям по прочности и схеме крепления

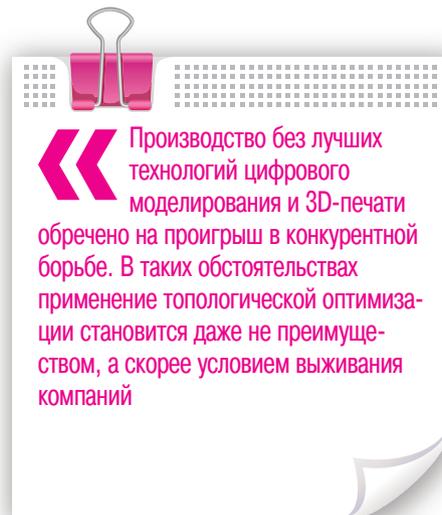
крепления; указываются области, которые не должны меняться, и нагрузка. Далее с помощью открывающегося диалогового окна конструктор задает процент снижения массы, коэффициент запаса по прочности.

В этом же окне задается еще один важный параметр генеративного моделирования — время работы программы. От него зависит точность получаемой модели, поскольку именно он ограничивает количество итераций.

Решение, полученное в результате топологической оптимизации, имеет фасетный вид. Можно сразу же отправить его на 3D-печать, но функционал Solid Edge ST10 этим не ограничивается. В десятой версии впервые применяется технология объединенного моделирования (Convergent Modeling™): BREP и фасетное представление объединяются в одной модели, что дает возможность редактировать продукт генеративного дизайна.

По завершении процесса оптимизации работа над деталью может быть продолжена. Никаких действий, связанных с "проблемным" переводом сетки в точное представление, не требуется. Конструктор может добавлять и убирать какие-то элементы, могут выполняться Булевы операции; если идет работа над сборкой, то возможно вычитание тела одной детали из другой и т.д. Сеточное представление при этом постоянно обновляется. Таким образом, Solid Edge ST10 не просто обеспечивает применение качественно новой технологии генеративного моделирования, но еще и предлагает удобную возможность модификации результата.

Компьютерная оптимизация топологии дает удивительные и совершенно необычные варианты геометрии. Она позволяет снизить вес изделий без ухудшения прочностных характеристик, оптимизировать расход материала, соответственно снижая стоимость изделия. Однако при всем этом сразу же возникает вопрос о технологичности продукта.



Действительно, даже беглого взгляда на оптимизированную модель (рис. 4) достаточно, чтобы убедиться в неприменимости здесь традиционных способов обработки металлов резанием и давлением. Единственное, на что можно рассчитывать, — это литье, технологию весьма энергоемкую и проблемную с точки зрения экологии. Есть ли смысл в такой оптимизации и в чем революционность Solid Edge ST10?

Ответ на этот вопрос однозначен и положительный. Топологическая оптимизация — несомненный шаг вперед, а Solid Edge ST10 — прорывная система автоматизированного проектирования. Чтобы отбросить последние сомнения, достаточно пройти по несложной логической цепочке:

- 1) уже в пределах ближайшего десятилетия увеличит свои возможности и станет массово доступна 3D-печать;
- 2) генеративный дизайн дает лучшие решения, но они требуют именно 3D-печати;
- 3) применение генеративного дизайна и 3D-печати качественно изменит продукцию машиностроения, строительства и других отраслей, но нужны САПР, обеспечивающие их интеграцию в обычный процесс проектирования.

Siemens PLM Software создала такую САПР для машиностроения — Solid Edge ST10. Это первая САПР, дающая возможность в полной мере использовать преимущества генеративного дизайна и аддитивных технологий.

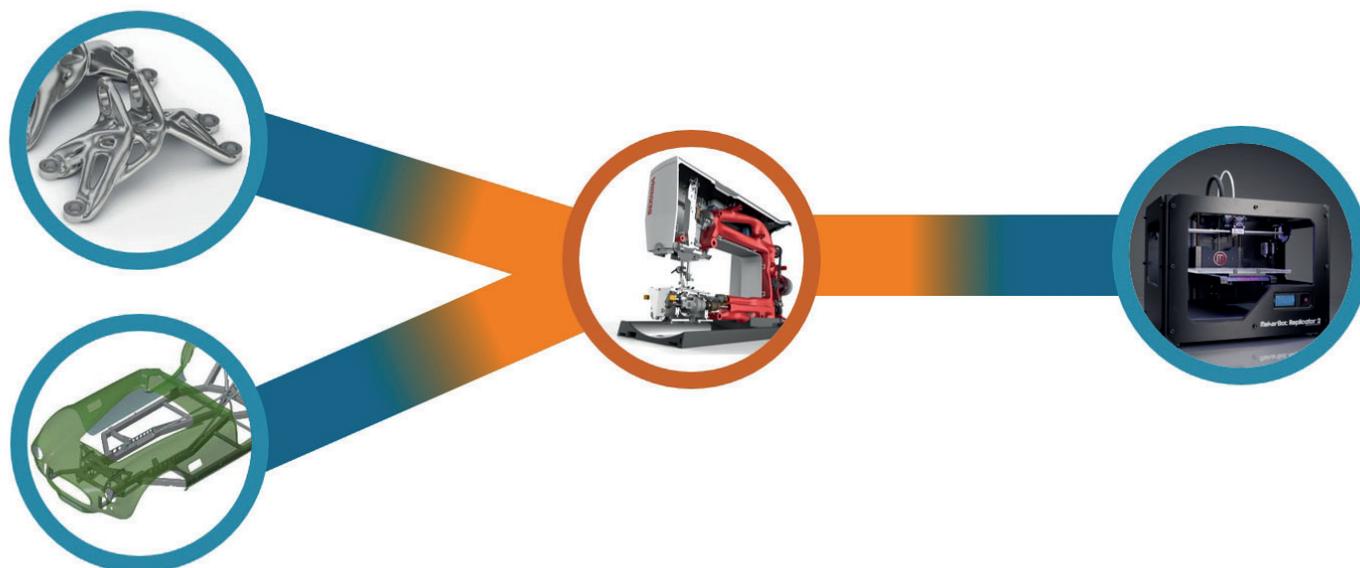
Уже сейчас можно сделать вполне обоснованный прогноз, что производство без лучших технологий цифрового моделирования и 3D-печати обречено на проигрыш в конкурентной борьбе. В таких обстоятельствах применение топологической оптимизации становится даже не преимуществом, а скорее условием выживания компаний.

Сказанное можно дополнить еще одним аргументом в пользу топологической оптимизации. Дело в том, что она дает наилучший по заданным условиям вариант, а такой вариант всегда интересен и полезен разработчику — даже в отсутствие возможностей его реализации. Пусть идеала достичь нельзя, но можно к нему приблизиться, создавая модели под традиционные технологии. Для этого Solid Edge ST10 располагает одним из самых эффективных в мире арсеналов проектирования.

*Олег Лукманов*

*При подготовке статьи использованы материалы компании Siemens PLM Software*

*С демонстрацией технологии генеративного дизайна в Solid Edge ST10 можно ознакомиться на сайте [www.cad-expert.ru/new\\_tech](http://www.cad-expert.ru/new_tech).*



## ➤ ОБЪЕДИНЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Никакие новшества в САПР не возникают сами по себе. В частности, можно быть уверенным, что появление объединенного моделирования стало ответом на сложности использования фасетных моделей в машиностроительных САПР.

### Потребность в фасетном и точном представлении в пределах одной разработки

Возможности машиностроительных САПР часто оказываются полезными на стыках дисциплин, а также в архитектуре, строительстве, медицине. Однако, как известно, программные комплексы САПР для этих отраслей работают с фасетной геометрией, тогда как в машиностроительных САПР используется BREP-представление (граничное представление, то есть метод представления объемной формы путем описания ее границ). В связи с этим возникает необходимость преобразования файлов, описывающих сеточные модели, в файлы BREP — и наоборот.

Инженерам-проектировщикам хорошо знакомы эта ситуация и трудности, ко-

торые с ней связаны. Конечно, принципиально задача прямого и обратного преобразования давно решена, созданы соответствующие инструменты. Например, с переходом от BREP к фасетному представлению вообще нет никаких проблем. Для этого в машиностроительных САПР есть трансляторы в файлы STL/VRML и другие сеточные форматы. Ситуация с преобразованием "фасеты — BREP" выглядит иначе. Да, соответствующие приложения имеются, но они дороги и не гарантируют от дефектов. В общем, такое преобразование — проблема даже для пользователей "тяжелых" машиностроительных САПР, а для массового пользователя среднего класса это долгий труд, сопряженный с риском ошибок. Разумеется, всем хотелось бы иметь простой и эффективный инструмент, обеспечивающий импорт и дальнейшее редактирование сеточных моделей с применением удобного арсенала прямого моделирования.

### Аддитивное производство требует срочного решения проблемы

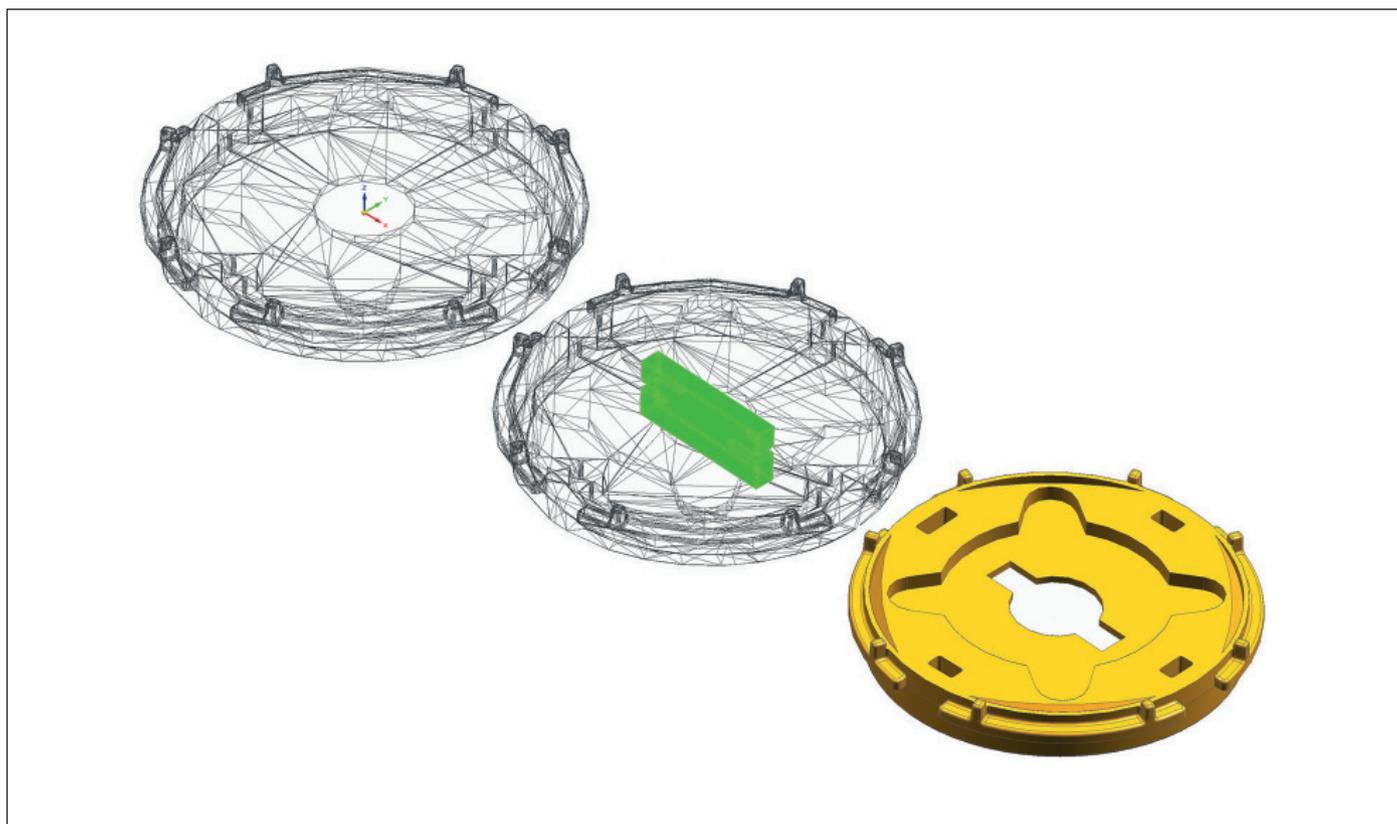
Актуальность этой проблемы резко возросла с повышением возможностей

3D-печати и массовым распространением 3D-сканеров, активным применением обратного инжиниринга, генеративного дизайна и ростом аддитивного производства в целом.

Технологии этих перспективнейших направлений базируются на применении фасетных моделей, поэтому возникает потребность параллельной работы с 3D-моделями в сеточном и точном представлении. Серьезность ситуации усугубляется прогнозируемым ростом использования аддитивных технологий уже в ближайшем будущем.

Непосредственно в машиностроительном проектировании такая потребность громко заявила о себе в связи с внедрением революционной методики топологической оптимизации (генеративный дизайн). Результат здесь выдается также в фасетном представлении.

Если к перечисленному добавить, что в процессе разработки изделия с применением 3D-печати, топологической оптимизации, обратного инжиниринга необходим многократный переход от "сетки" к точному представлению и обратно, то актуальность проблемы становится очевидной.



Результат 3D-сканирования импортирован в Solid Edge ST10, затем изменен и преобразован в твердотельную модель

Первой компанией, сумевшей предложить надежное решение в рамках коммерческого продукта, стала компания Siemens PLM Software.

### Объединенное моделирование решило проблему

В 2016 году Siemens PLM Software анонсировала NX 11 – новую версию САПР, в которой впервые была представлена технология объединенного моделирования (Convergent Modeling). По-прежнему опираясь на возможности математического ядра Parasolid, компания продемонстрировала совершенно новую концепцию моделирования.

Был впервые предложен подход, позволяющий использовать удобные инструменты точного представления в редактировании фасетных моделей. В NX 11 мы имеем единый компонент геометрического моделирования с единым набором функций для фасетных моделей и классических BREP.

Трудоемкая операция преобразования данных была исключена полностью! Разумеется, Siemens PLM Software не ограничилась одной только NX 11: в 2017 году появилась ее массовая САПР с технологией Convergent Modeling – Solid Edge® ST10.

### Convergent Modeling – проектирование нового поколения

Объединенное моделирование кардинальным образом меняет традиционный процесс 3D-моделирования. В Solid Edge ST10 конструктор может импортировать файл с фасетной моделью, сразу вносить в нее изменения с помощью обычных CAD-команд, включать в сборки, производить расчеты и пр. То же самое можно выполнить с результатами 3D-сканирования. Теперь не составляет труда исправить дефекты сканирования, добавить или убрать какие-то элементы.

Экспорт модели на 3D-печать в новой технологии также не представляет проблем. На любом этапе разработки конструктор может отправить файл с фасетной моделью в нужном формате на 3D-принтер. Все операции выполняются не выходя из программы Solid Edge ST10.

Новый подход сделал более производительным применение топологической оптимизации. В Solid Edge ST10 разработчик может легко доработать полученную фасетную модель и отправить результат на 3D-печать.

Таким образом, благодаря объединенному моделированию на этапе проектиро-

вания, может быть задействован быстрый и эффективный цикл "3D-сканирование – редактирование модели – 3D-печать". Он основан на технологии 3D-печати от компании Microsoft и поддерживает широко распространенный формат 3MF. Такой цикл сделал возможным широкое применение в машиностроении перспективных технологий генеративного проектирования и обратного инжиниринга.

В завершение следует сказать несколько слов об уникальности объединенного моделирования. На сегодня в других САПР нет ничего подобного, что подчеркивает революционный характер технологии. Как говорит вице-президент Siemens PLM Software Дэн Стэплз (Dan Staples), "это умеем делать только мы, что и отличает нас от всех остальных САПР-систем".

*Олег Лукманов*

*При подготовке статьи использованы материалы компании Siemens PLM Software*

*С демонстрацией технологии объединенного моделирования в Solid Edge ST10 можно ознакомиться на сайте [www.cad-expert.ru/new\\_tech](http://www.cad-expert.ru/new_tech).*



## ➤ ВЕДЕНИЕ СОСТАВА ИЗДЕЛИЯ – ПРЯМОЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

### Откуда взялась задача?

Историки часто спорят о том, когда зародилась компьютерная автоматизация производства. Большинство сходится во мнении, что эта эпоха началась с появлением первых процессоров в середине 50-х годов прошлого столетия. Естественно, что прежде всего автоматизации подвергались самые "тяжелые" направления, такие как управление оборудованием, задачи учета и контроля производства, а с развитием компьютерной техники и конструкторско-технологическое проектирование. Прошло более полувека, и сейчас нет ни одного предприятия, где все эти задачи не решались бы теми или иными программными средствами. Казалось бы, на дворе четвертая промышленная революция [1] и каждый, даже небольшой шаг в развитии программных средств должен существенно увеличивать эффективность производства, но, занимаясь внедрением промышленных систем, наши специалисты начали сталкиваться со странными вещами...

Как правило, в компаниях, особенно

крупных, всегда хорошо организована конструкторская подготовка производства. Куплены продвинутые CAD-системы, организован единый архив конструкторской документации, обучен персонал; может, даже есть система управления конструкторской подготовкой (PDM/PLM), которая раздает задания и отслеживает их выполнение. Чуть проще устроены технологические системы. От них обычно требуется маршрут с укрупненными операциями, а также трудовые и материальные нормы. Ну и, конечно, современное производство немислимо без MES-системы, которую, к слову сказать, предприятия либо разрабатывают сами, либо покупают у крупного (зачастую зарубежного) производителя. Вроде бы все должно работать как швейцарские часы, но близится конец года, сроки подготовки сорваны, заказы затягиваются, плановые даты выпуска переносятся. Результат такой замечательной автоматизации – оправдания перед холдингом/акционерами/кредиторами. На следующий год история повторится снова, вы обновите ваш до-

рогостоящий парк ПО, вашим конструкторским и технологическим службам станет работать еще удобнее, а экономические и производственные показатели останутся на месте... Почему так происходит?

Внимательное рассмотрение таких явлений показало, что, как это ни странно, существенный ряд проблем лежит именно в области ведения состава изделия. Дело в том, что большинство современных CAD-систем имеют собственные базы данных для организации совместной работы специалистов и хранения (ведения) электронного конструкторского состава (структуры) изделий. Вместе с тем системы управления производством (MES) также требуют состав изделия, дополненный технологическими операциями и нормами. И естественно, что подавляющее большинство компаний-интеграторов и собственных ИТ-специалистов предприятий с завидной настойчивостью пытаются передать в MES-систему и далее планировать конструкторский состав. А правильно ли это? Давайте разберемся подробнее.

## Особенности проблемы

Проблемы внедрения комплексных решений не раз рассматривались нашими специалистами на страницах этого издания [2-4]. Основной трудностью такого внедрения всегда является большая номенклатура используемых программных средств, зачастую очень разнородных и практически не связанных друг с другом. Такое явление носит объективный характер и, как правило, связано с недостаточной функциональностью какого-то одного выбранного продукта или продуктов одной компании-производителя. Данный факт вынуждает разработчика постоянно наращивать функциональность своих продуктов, а компанию-интегратора заниматься кропотливой разработкой различного рода регламентов, программных интерфейсов или специальных структур для конвертирования и передачи данных из одних систем в другие и обратно. А поскольку ни CAD- ни MES-системы, как правило, не имеют встроенной функциональности для трансформации и ведения различных составов и структур изделия, то, естественно, самым быстрым кажется простое решение: взять конструкторский состав и "перелить" его в MES. Далее поправить его руками/скриптами и сделать из него состав и структуру изделия, пригодную для планирования производства. Казалось бы, что может быть проще? Но тут-то и появляются самые нехорошие нюансы.

*Во-первых*, современные ГОСТы предполагают ведение множества различающихся электронных структур (ЭСИ) одного и того же изделия. Так, например, в ГОСТ 2.053-2013 [5] определены:

- **Функциональная ЭСИ** – для определения назначения изделия и его частей на стадии разработки технического предложения на изделие;
- **Конструктивная ЭСИ** – для отображения конкретных определяющих конструкций комплексов, сборочных единиц и комплектов;
- **Производственно-технологическая ЭСИ** – для отображения особенностей технологии изготовления и (преимущественно) сборки изделия. Такая ЭСИ выполняется на стадиях технологической подготовки производства и используется в процессе планирования и производства изделия;
- **Физическая ЭСИ** – для отображения информации о конкретном экземпляре изделия. Выполняется на стадии производства изделия и может

корректироваться в течение всего срока эксплуатации;

- **Эксплуатационная ЭСИ** – для отображения информации о тех частях изделия, которые подлежат обслуживанию и/или замене в ходе использования изделия по назначению;
- **Совмещенная ЭСИ** – для отображения комплексной информации об изделии. Включает в себя отдельные разновидности ЭСИ.

В задачах подготовки, планирования и учета производства важнейшими являются конструктивная, производственно-технологическая и физическая ЭСИ.

*Во-вторых*, поскольку исходной структурой все-таки является конструктивная (а все остальные, как правило, построенные на ее основе), сразу возникает задача поддержания связей между различными структурами. Ведь любое конструкторское изменение должно отразиться на остальных структурах – и наоборот, каждая структура должна "знать", на основе какого конструкторского состава она построена. А если они находятся в разных базах данных? Если учесть, что алгоритм взаимодействия структур может быть достаточно сложным, может получиться так, что данная задача станет просто неразрешимой...

*В-третьих*, при проектировании производственно-технологической ЭСИ всегда возникают элементы, отсутствующие в исходной структуре. Например, для оптимизации сборочных работ схему сборки всегда трансформируют относительно конструкторского состава изделия. Это позволяет лучше загрузить площади, сократить технологический цикл сборки и т.д. Но тогда неизбежно появляются технологические сборочные единицы, которых нет в конструкторском составе изделия. А ведь для них нужны техпроцессы, трудовые/материальные нормы, маршруты движения по цехам и участкам и много чего еще. И тут одним конструкторским составом никак не обойтись. Да и количество материалов и составных частей производственно-технологической ЭСИ тоже всегда отличается от конструктивной, поскольку нужно учесть брак в производстве, технологический отход материалов, комплектующие, которые будут подвергаться разрушающему контролю, и т.д., и т.д., и т.п.

Данный список можно продолжать до бесконечности, и каждая из этих особенностей говорит о том, что хорошая промышленная система просто обязана иметь механизмы трансформирования

и поддержания различных структур изделия. А если учесть тот факт, что помимо собственно структур необходимо поддерживать связи и изменения, то становится очевидным, что все они должны находиться в единой базе данных. Именно поэтому в TechnologiCS 7 нашими специалистами был разработан режим "Итоговый ТП" (ВОМ), который и предназначен для решения подобного рода задач.

## Как это было сделано?

Модуль ведения итоговых техпроцессов изначально был предназначен для работы со сводной информацией об изделии, содержащей в себе как конструкторскую, так и технологическую информацию. Основное назначение модуля – подготовка исходных данных для решения задач планирования и управления производством.

С помощью этого модуля можно:

- вести итоговые техпроцессы как в упрощенном виде (состоящие только из сводных данных), так и с различной степенью детализации;
- создавать итоговые техпроцессы на узлы, блоки, сборочные единицы и т.д., основываясь на структуре изделия, заложенной в конструкторских или итоговых спецификациях;
- создавать итоговые техпроцессы на изделия, вообще не имеющие ни спецификаций, ни техпроцессов;
- разрабатывать собственные структуры изделий (схемы сборки), отличные от заложенных в конструкторской документации;
- вести консолидированную информацию о потребностях, трудоемкостях и т.д.;
- быстро получать сводные данные для использования в задачах планирования и управления производством.

В модуле возможно ведение неограниченного количества версий электронной структуры изделия, которые можно использовать в собственной MES-подсистеме и передавать во внешние системы различного производственного назначения. Как работает этот модуль, покажем на простом примере.

## Как это работает?

Рассмотрим на примере изделия "Калитка с кронштейном" (рис. 1) отличия в структурах и составах: конструкторском, технологическом, производственном.

Согласно конструкторскому составу, изделие содержит три номенклатурных по-

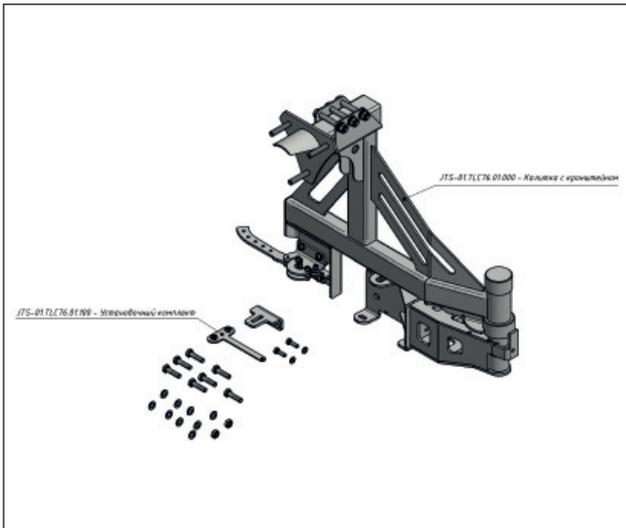


Рис. 1. Пример изделия "Калитка с кронштейном"

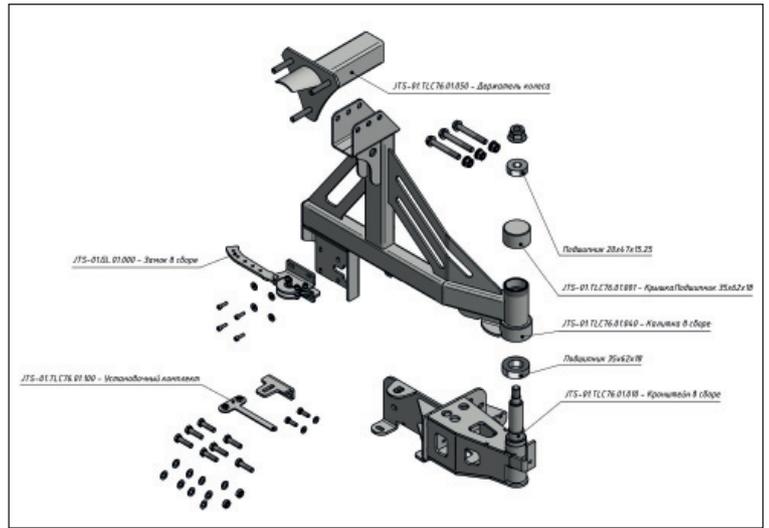


Рис. 2. Конструкторский состав изделия

Номенклатура	Колво	ЕИ	Исполнение
JTS-01.TLC76.01000 - Калитка с кронштейном	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01009 - Сборочный комплект	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01050 - Держатель колеса	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01040 - Крышка в сборе	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01010 - Кронштейн в сборе	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01010CS - Кронштейн в сборе. Сборочный чертеж	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01014 - Пластина 3	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01015 - Пластина 4	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01016 - Пластина 5	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01012 - Пластина 1	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01013 - Пластина 2	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01017 - Пластина 6	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01003 - Шпа	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01021 - Ограничитель	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01022 - Ребро	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01018 - Вал	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01011 - Косынка	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01001 - Крышка	1	шт	САПР
Валка 12 DIN 125	1	шт	САПР
Болт M12x90 DIN 934	3	шт	САПР
Валка 12 DIN 7980	1	шт	САПР
Гайка M18x1.5 DIN 934	1	шт	САПР
Гайка M12 DIN 934	3	шт	САПР
Подшипник 20x67x15.25	1	шт	САПР
Подшипник 35x62x18	1	шт	САПР
JTS-01.TLC76.01100 - Установочный комплект	1	шт	САПР

Рис. 3. Полный конструкторский состав изделия

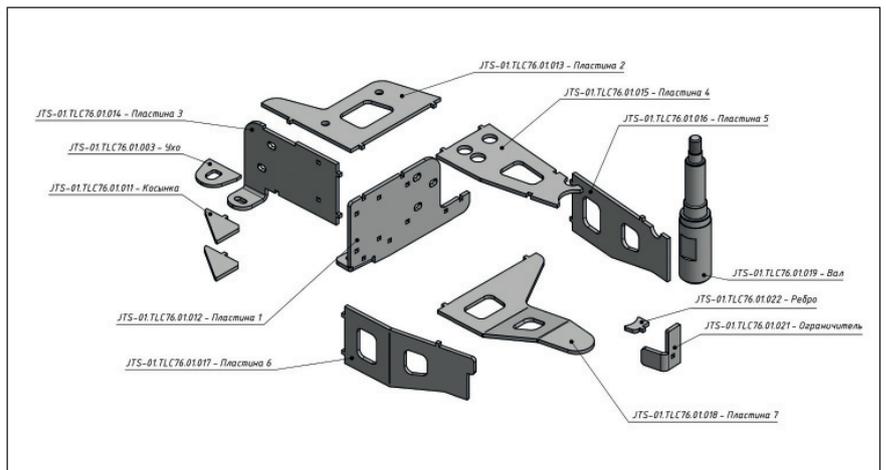


Рис. 4. Узел изделия 1-го порядка "Кронштейн в сборе"

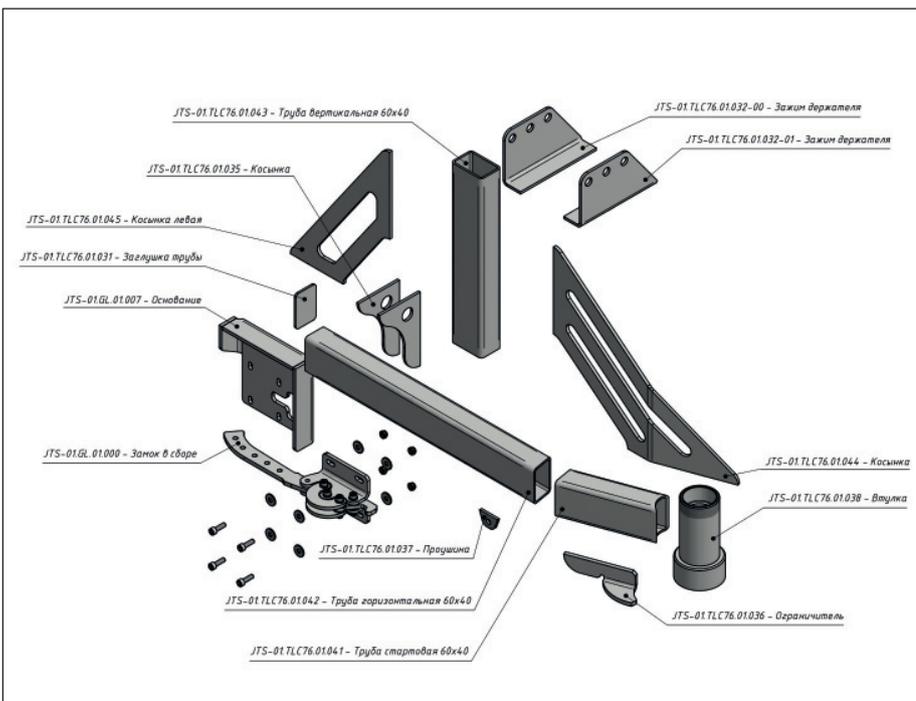


Рис. 5. Узел изделия 1-го порядка "Калитка в сборе"

зиции узлов 1-го порядка, одну номенклатурную позицию детали, семь номенклатурных позиций стандартных и прочих изделий, один установочный комплект (рис. 2).

В TechnologiCS конструкторский состав изделия ведется в режиме "Спецификация" (СП) и далее в автоматическом режиме "Итоговая СП" (ИСП) формируется полный конструкторский состав изделия, включая сборочные единицы, комплексы и комплекты (рис. 3).

В процессе разработки технологии изготовления изделия, как правило, необходимо выбрать соответствующий вид сборки (в соответствии с ГОСТ 14.320-81 [6]). Часто это приводит к тому, что требуется ввести дополнительные позиции, которые отсутствуют в конструкторском составе, но при этом необходимы для производства.

В нашем примере в конструкторский состав узлов 1-го порядка (рис. 4, 5)

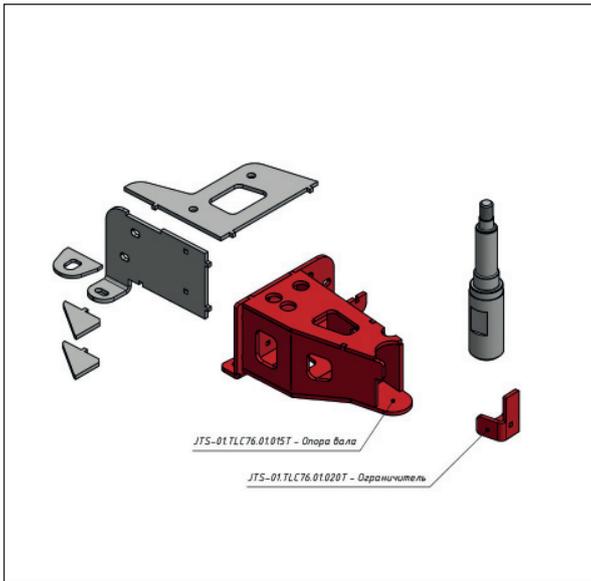


Рис. 6. Технологические узлы изделия

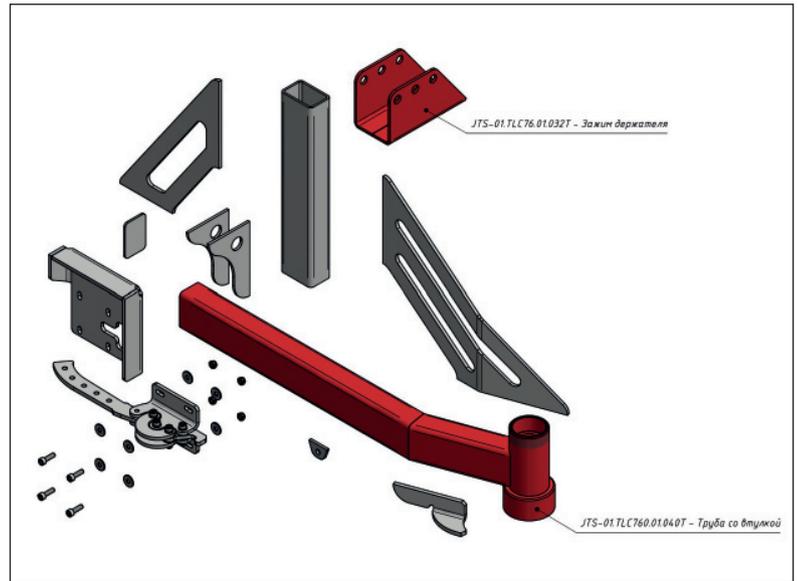


Рис. 7. Технологические узлы изделия

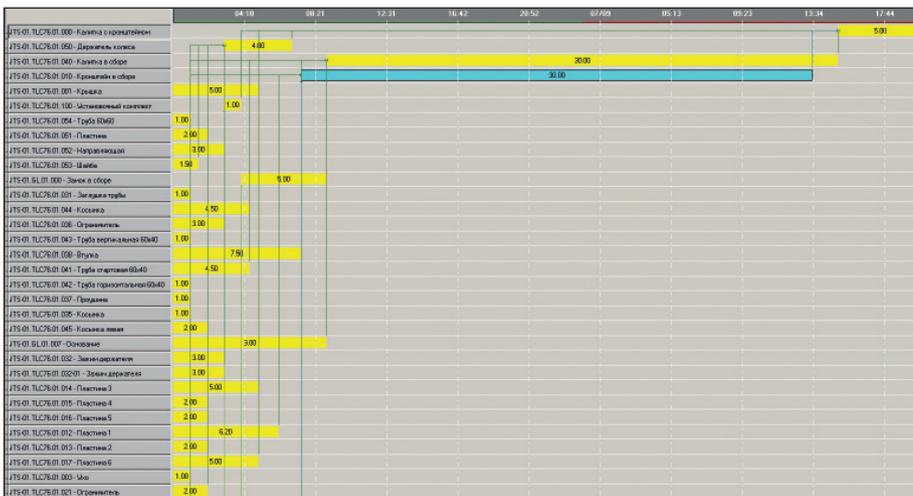


Рис. 9. Циклограмма на основе конструкторского состава изделия

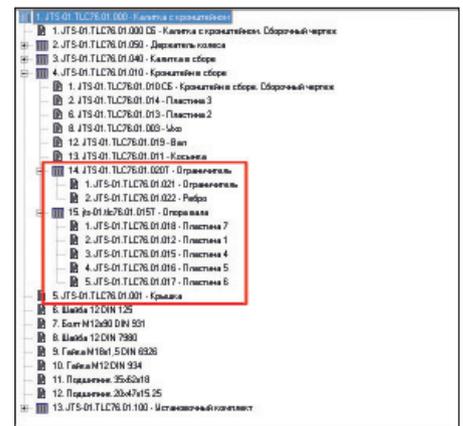


Рис. 8. Технологический состав изделия

введем технологические узлы 2-го порядка (рис. 6, 7).

Технологический состав изделия ведется в режиме "Итоговый ТП" (ВОМ) и позволяет прорабатывать разные варианты технологического состава изделия (рис. 8) с учетом производственных возможностей.

Теперь, когда один или несколько вариантов технологического состава изделия сформированы, на позиции состава разработаны техпроцессы, проставлены нормы и т.д., можно переходить к планированию производства.

Возвращаясь к нашему примеру, создадим две производственные спецификации. Состав первой будет сформирован на основе конструкторского состава изделия, состав второй — на основе технологического состава. Количество планируемых в производство изделий в обоих вариантах составляет 10 шт. Для каждого из составов построим свою циклограмму (рис. 9, 10), чтобы визуально оценить

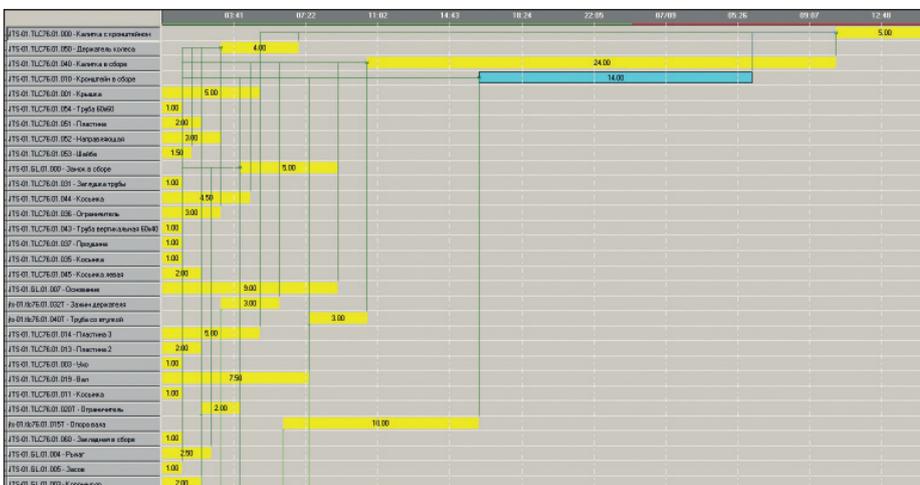
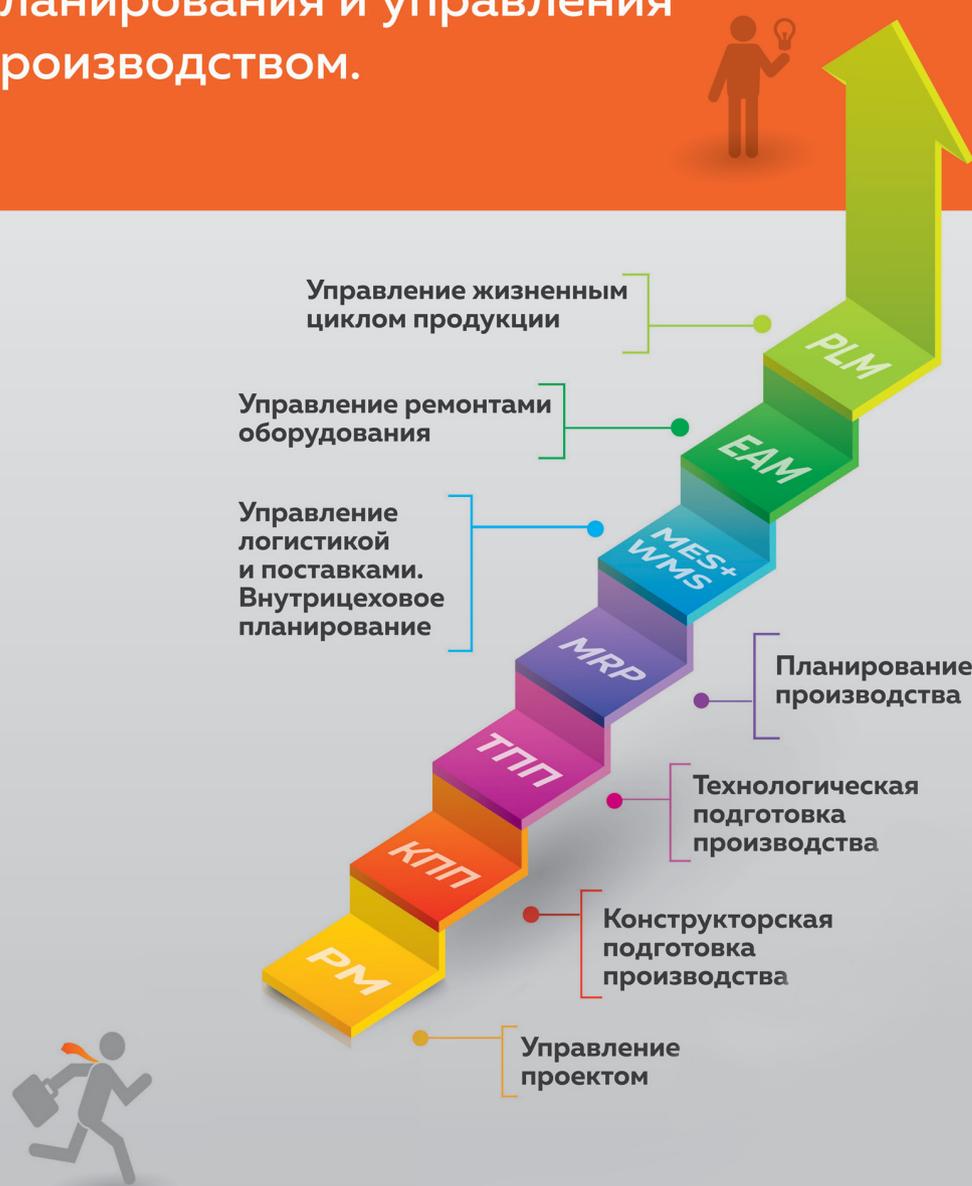


Рис. 10. Циклограмма на основе технологического состава изделия



# TechnologiCS

TechnologiCS – единая система для автоматизации технической подготовки, планирования и управления производством.





## ➤ ТОЧКА ОПОРЫ

### Описание проблемы

*Если начальник пытается произвести впечатление на подчиненных знанием деталей, он теряет из виду конечную цель.*

**Правило Готлиба**

Руководителям знакомо ощущение, что они находятся на пределе возможностей из-за сложности проблем, связанных с освоением новых изделий, проведением работ по снижению издержек без потери качества, планированием загрузки производственных мощностей в условиях высокой неопределенности. Возникает чувство пустоты, отсутствия точки опоры, когда нет однозначно верного решения и поток событий несет ситуацию по течению. Почти отсутствует реакция системы на руководящие воздействия, и единственно возможной схемой поиска выхода представляется метод проб и ошибок.

Из-за невозможности охватить и поддержать все области деятельности предприятия научное знание заменяется упрощенной моделью. Упрощение ре-

альности в практике принятия управленческих решений неизбежно — вопрос лишь в том, где проходит грань, за которой модель теряет связь с объектом моделирования.



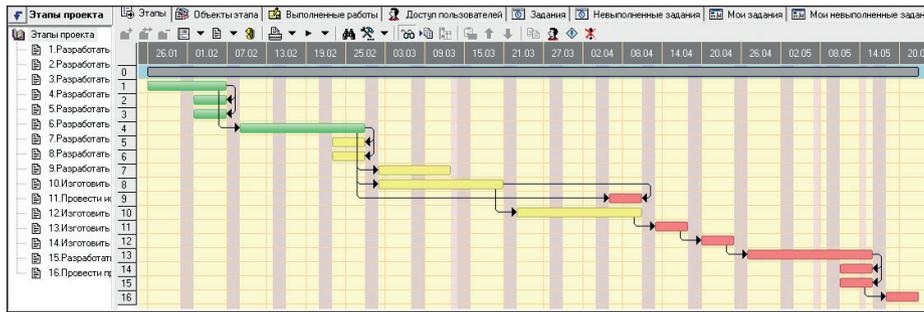
### Общий знаменатель

*В любой организации всегда найдется человек, знающий, что на самом деле происходит. Его-то и надо уволить.*

**Закон Конвэя**

Одно из существенных различий отечественного и зарубежного бизнеса заключено в развитии информационного обеспечения процессов управления предприятием. На этом обычно не акцентируют внимание при реорганизации системы управления, но за рубежом необходимость информационных систем автоматизации различных функциональных областей деятельности уже давно стала общепризнанной. Современные компании — это системы, способные к самоорганизации. Как понять систему, не имея информации?

Между тем на российских предприятиях вес информационных технологий в сфере управления производством низок и имеет устойчивый дисбаланс в сторону финансово-экономического блока. Это тяжелое наследие 90-х годов прошлого века — "родовая травма", полученная при



**Связи**

*Каждый может принимать решение, располагая достаточной информацией. Хороший руководитель принимает решение и при ее нехватке. Идеальный — действует в абсолютном неведении. Законы исходных данных Спенсера*

Предприятия, использующие систему TechnologiCS, совершенно по-иному смотрят на текущую оперативную деятельность, иначе оценивают и планируют задачи. Принимаемые решения, кажущиеся интуитивными, основаны на укрупненных агрегированных данных. Формулирование цели, определение оптимальных путей ее достижения, учет явных и выявление скрытых проблем, возможность точного контроля — всего этого невозможно достичь без качественно иной интеграции всех подразделений в единой информационной среде. Напротив, при традиционном взаимодействии между службами с использованием бумажной документации либо при работе в различных информационных системах неизбежна разобщенность, невысокая лояльность исполнителей к общим целям компании, проблемам других отделов и подразделений. Производство превращается в "черный ящик", потребляющий средства, ресурсы и выдающий продукцию. В итоге эффективность становится непрогнозируемой, неуправляемой и, как правило, падает. Непрозрачность процессов вызывает непонимание и недоверие исполнителей; они не чувствуют, что процесс управляется и контролируется на основе четких критериев, базирующихся на достоверных данных. При работе в среде TechnologiCS уровень ответственности исполнителей меняется — они понимают, что введенная ими информация будет использоваться без изменений и преобразований во всех подразделениях. Более того, эта информация будет иметь указание на того, кто ее внес, — соответственно, невозможно будет, что называется, перекладывать с большой головы на здоровую.



переходе от социалистической плановой модели экономики к капиталистической, и излечиться от этой травмы не получается до сих пор. Постоянная борьба за выживание бизнеса, негативный опыт при попытках использовать различное программное обеспечение (из-за некомпетентности исполнителей и завышенных ожиданий заказчиков) даже сейчас не позволяют формировать бюджеты на автоматизацию процессов подготовки, планирования и управления производством и успешно решать подобные задачи.

Справедливости ради стоит заметить, что такие проблемы характерны не только для российских предприятий. На односторонний подход к управлению организациями, основанный исключительно на экономических показателях, указывал один из реформаторов современного менеджмента Эдвард Деминг, называя его "бухгалтерским подходом к менеджменту". Он критически высказывался об организациях, которые заботились только о конечных результатах работы, под которыми понимались исключительно экономические показатели. Такой подход, по его мнению, приводит к утрате контакта с потребителями и наносит вред долгосрочным перспективам бизнеса. Тем не менее, американские корпорации и сегодня склонны полагать сокращения единственным средством выживания...

Наличие сквозной информационной системы — необходимое звено в любой цепи изменений, направленных на совершенствование процессов. Оно призвано определить в общем своде реальную производительность всех подразделений, в том числе и инженерных, просчитать трудоемкость проведения подготовки производства по изделиям, заказам, проанализировать унификацию составных частей изделия и убрать ненужные аналоги, корректно оценить загрузку оборудования, обеспечить верный расчет потребностей в оснастке и материалах, при этом сократив количество запасов и незавершенного производства.

Система TechnologiCS позволяет "примерять" на производство новые концепции планирования и управления, найти ограничения, которые не позволяют выпускать больше продукции в более сжатые сроки, выразив все это в определениях, понятных производственным и техническим специалистам. В конечном счете система TechnologiCS позволяет принимать сбалансированные решения, направленные на достижение цели, и контролировать их реализацию.

**Знания**

Знания, на которые опираются люди в своей повседневной профессиональной деятельности, часто практически не структурированы. Они представляют собой эмпирические теории, которые имеют характер хранящихся в памяти алгоритмов, условных рефлексов, срабатывающих в подходящей ситуации и включающих в себя механизмы распознавания таких ситуаций. Квалифицированные специалисты обладают различными знаниями, опытом и возможностями, но для достижения профессиональных высот все они вынуждены идти по пути специализации, редко выходя за пределы своей области знаний.

Попытки абсолютизировать профессиональное знание, особенно при управлении "живыми" социальными системами, бездумное копирование западных моделей, слепое следование проверенным рецептам порождает кризисы, конфликты и ограничивает возможности развития. Для объединения и использования функционально разрозненных знаний, объединенных в единой структуре системы TechnologiCS, результативным методом является анализ чувствительности системы. Возможность проверить решение, которое нельзя просчитать и спрогнозировать ввиду множества факторов, не поддающихся логическому осмыслению. Просто опробовать идею, оценив ее не с точки зрения субъективного опыта, а исходя из объективных показателей, которые мы принимаем как критерии достижения наших целей.



Система TechnologiCS была создана как антипод существующим и поныне системам "лоскутной" автоматизации, автоматизирующим локальные задачи и заточенным на движение информации посредством документации на бумаге. Разработчиками и продавцами подобных систем поддерживается миф, что предприятие не сможет реализовать безбумажный документооборот и производство, например, в условиях предприятия ВПК, реализовать согласование с ВП, передать документацию заказчику и пр. Большинство этих систем нацелены в первую очередь на улучшение процессов, исходя из неверного предположения, что процессы, работающие в оптимальном режиме, делают максимальной результативности всей системы. Такой подход совершенно упускает из виду фактор взаимовлияния и взаимозависимости процессов системы. И, как подтверждение ошибочности подобного пути развития, все производители "лоскутной" автоматизации вынуждены создавать собственную PDM/PLM-систему, чтобы попытаться как-то соединить, сшить белыми нитками рассыпающееся целое, имитировать единое информационное пространство. Система TechnologiCS позволяет сделать задачи совершенствования процессов всеобщими, не локализованными в рамках одного-двух подразделений.

## Эффективность

*Внутренняя согласованность ценится больше эффективной работы.  
Преобразование Питера*

Часто задаваемый вопрос оценки экономической эффективности внедрения TechnologiCS в подавляющем большинстве случаев не учитывает того фактора, что предприятия, работники которых задают такой вопрос, совершенно непрозрачны с точки зрения оценки эффективности. Случаются и противоположные крайности, когда последователи теорий управления поднимают волну бездумного реинжиниринга. Поверхностное понимание принципов, увольнение "лишних" работников порождает массу негативных последствий. Компания разрушается как самоорганизующаяся социальная общность, доверие исчезает,

а "выжившие" после преобразований сотрудники деморализуются.

Предприятие, привлекательное с точки зрения инвесторов, прекрасно понимает плюсы от внедрения системы TechnologiCS, в своем развитии оно не отстает от достигнутого уровня, каким бы высоким он ни был.

Коренным отличием любой европейской, североамериканской или японской компании является то, что они прекрасно калькулируемы. В них четко просчитаны и известны факторы, влияющие на производительность, потери при производстве и проектировании изделий. Анализ на основе систематизированных и структурированных данных, с необходимым и достаточным уровнем детализации, позволяет компаниям внедрять концепции управления производством и получать осязаемый эффект от их применения. С помощью информационных систем они могут моделировать процесс и на ранних стадиях реализации прогнозировать возможные проблемы. И когда западные теории приходят в Россию они как нечто само собой разумеющееся подразумевают наличие на предприятии развитой корпоративной информационной системы – это понимается как один из признаков эпохи постиндустриального общества.

Успешным отечественным компаниям часто самым простым и понятным решением казалась покупка иностранного программного обеспечения. Но кроме огромной стоимости покупки, внедрения и владения подобными системами, всплыла неожиданная проблема – выяснилось, что отечественный бизнес совершенно не готов переходить на методы и схемы, реализованные в этих системах. Полное отсутствие кадров как в службах предприятия, так и в целом на рынке труда не позволяет использовать такие программные комплексы, копируя так называемые "лучшие практики" (best practice). Как результат, либо длительный и дорогостоящий процесс обучения и подготовки, либо отказ от инноваций. Например, такая неотъемлемая часть подготовки производства, как технологические службы, полностью отсутствовала в автоматизируемом контуре, и лишь в последнее время для отече-

ственного рынка предпринимаются несмелые попытки как-то закрыть эту брешь. Вне всяких сомнений, грамотный подход западных компаний проявляется и в тенденции максимально избавляться от ненужной вариативности на производстве – замены материалов и комплектующих, большого количества аналогов в части станков, инструмента и оснастки, и прочих факторов, которые не позволяют четко спрогнозировать развитие событий. Впрочем, надо понимать, что подобная модель взаимодействия с поставщиками и заказчиками иногда совершенно невозможна для отечественной компании.

## Понимание

*Чтобы учиться на своих ошибках, нужно сначала понимать, что вы совершаете их.*

*Закон Филона*

Резервы (незавершенное производство, запасы) необходимы, без них невозможно ритмичное производство. Но резерв – это всегда замороженные средства, всегда потери, и они должны быть минимальны и обоснованы. Правильно учесть риски, оценить масштаб проблемы поможет только информация. И TechnologiCS в этом случае оказывает предприятию неоценимую помощь, связывая в единое целое процессы производства, планирования, управления складами, закупками, контроля загрузки оборудования с учетом календарей работы и состояний (ремонт и техническое обслуживание) и пр.

Для получения устойчивого результата от использования TechnologiCS, как и любого сложного информационного продукта, требуется проектный подход к внедрению системы и управлению процессами. Нацеленность руководителей и подчиненных на получение результатов. Именно отсутствие вовлеченности руководства во внедрение информационной системы, непонимание предпосылок, низкая приоритетность задач и ожидаемых плюсов приводит к формальному подходу всех участников. Важно понимать, что система TechnologiCS только тогда даст необходимый толчок процессам развития предприятия, когда само ее внедрение станет проектом предприятия, а не компании CSoft. Если внедрение представляется чем-то чуждым и инородным, обязательно возникает небрежное исполнение обязанностей, скрытое противодействие, которое распространяется на всю деятельность организации.



ПП 2015 годовая - Годовая программа на 2015 год	23.01.2015	14.02.2015	08.03.2015	30.03.2015	21.04.2015	13.05.2015	04.06.2015	26.06.2015
	I - 2015 - I Квартал 2015 года			ПП 2015 Апрель	ПП 2015 Май	ПП 2015 Июнь		
ПП 2015 годовая - Годовая программа на 2015 год								364,00
I - 2015 - I Квартал 2015 года	89,00							
ПП 2015 Январь -	30,00							
ПП 2015 Февраль -	27,00							
ПП 2015 Март -	29,00							
ПЗ 2015 Портфель заказов - Для ввода данных по								364,00
00001.2015 - Заявка ООО "СтартЭкопром"	30,00							
ПП 2015 Апрель -				29,00				
ПП 2015 Май -					30,00			
ПП 2015 Июнь -							29,00	

Яркий пример: обеспеченная системой честная регистрация брака и всех отклонений позволит увидеть скрытые потери. Всесторонняя оценка их причин и последствий, не ставящая целью найти и наказать виновного, дает значительные результаты. Поскольку частые, пусть даже небольшие и некритические отклонения могут серьезно отвлекать технические службы предприятия на их оформление и принятие решений, неуловимо приводя к потерям.

Столь же деструктивны нереалистичные показатели, ранжирование сотрудников, которое настраивает их друг против друга, в итоге деморализуя коллектив. Поэтому, внедряя систему, контролируя работу пользователей в информационной среде предприятия, важно ориентироваться не на сиюминутный эффект, а долгосрочный устойчивый рост.

Пресловутый бухгалтерский подход при ведении складского учета совершенно очевидно мешает многим предприятиям адекватно оценивать остатки и формировать дефицит. Заведение кладовщиками и бухгалтерами данных по приходам на основании документов от поставщиков, в которых позиции никак не коррелируются с позициями спецификаций, технологических процессов и договоров с поставщиками, приводит к тому, что склады заполнены неизвестно чем, а нужные позиции как бы отсутствуют. Для решения, как минимум, требуется дополнительная экспертная оценка, а то и целая процедура. В самом фатальном

варианте – повторная срочная закупка уже имеющихся позиций.

Расчет оптимальных размеров партий, загрузки оборудования, сроков прохождения заказа, как и гармонизация логистических потоков, не должен базироваться на ложных оценках и домыслах. Для различных предпрятий, находящихся в различных условиях, не существует единого подхода, универсального ответа.

### Выводы

*Система не может понять себя. Преобразование требует взгляда извне. Система глубинных знаний Деминга*

Потребность в новых решениях некоторые руководители осознают только во время глубокого кризиса, когда что-то менять уже слишком поздно. Они ищут в них спасательный круг, но последний шанс становится для такого бизнеса последним гвоздем.

Сдельная оплата труда поощряет тех, кто не особенно беспокоится о перспективах и целях компании. "Сделка" – враг изменений и инноваций. В советские времена существовали шабашники – люди, временные для бизнеса, нацеленные на сугубо личные, краткосрочные перспективы: максимально быстро заработать максимально возможные деньги. Пример ошибки, порожденной тем же подходом, – привлечение студентов для наполнения справочников информационной системы. Многие из них честно хотят научиться, понять бизнес,

но им недостает опыта, чуждо понимание качества. Напротив, людям с высокой внутренней мотивацией некомфортно в условиях сдельной оплаты труда, и компания их теряет.

В большинстве своем современное производство многопредметно и многовариантно, его невозможно удержать в голове или завести в простые электронные таблицы. Брать статистику предыдущих периодов и сравнивать с текущим зачастую неверно: изменчивость может свести ценность выводов к нулю. Показатели эффективности часто бывают неочевидными и неявными, так как явные проблемы видны всем и либо уже решены, либо находятся в процессе решения, либо неразрешимы. Ведь мы имеем дело со связью между миром точных наук, инженерией и миром "мягких" социокультурных субстанций.

Система TechnologiCS призвана объединить службы предприятия в одной среде, позволить им работать с одними и теми же объектами, обеспечить прослеживаемость информации по проектируемым и произведенным изделиям, ресурсам, работам и заказам от момента их появления и до завершения их жизненного цикла.

Интеграция системы TechnologiCS в корпоративную информационную систему, как правило, построенную на различных программных платформах, позволит сделать анализ разноплановым, оценить сложные показатели на основе точной и детальной информации, за которую отвечают специалисты отдельных функциональных областей, подтвердит или опровергнет предположения и идеи, основанные на знаниях экспертов.

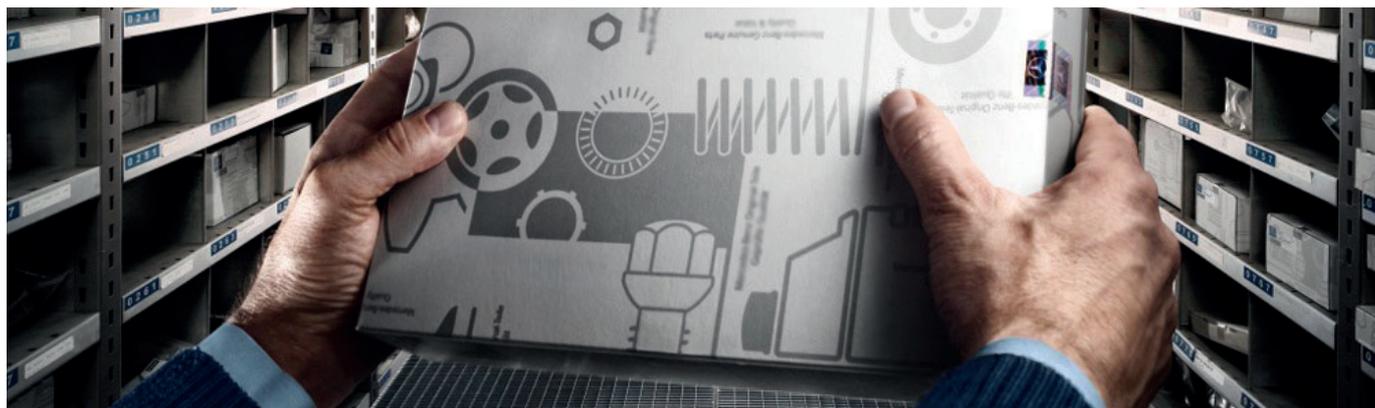
В конечном счете решение на базе системы TechnologiCS сделает предприятие понятным и привлекательным для инвестиций, работу сотрудников интересной и востребованной, процессы управляемыми, а инновации эффективными.

**Максим Красавин,**  
руководитель проектов CSoft  
E-mail: maksim.krasavin@csoft.ru

№	Даты	Детали
№ 1220	15/314	
№ 1221	4/24	
№ 8860		
№ 8861		
№ 45260		
№ 45261		
№ 45262	8.8/36	
№ 45263	7/1	

Инвентарный №: 8861  
 Цех: 165/6  
 Тип оборудования: КМЗ 9984-298 - Машина моечная Код:  
 Начало работ: 14/08/2017 08:00  
 Конец работ: 15/08/2017 15:54  
 Трудоемкость: 15.90  
 Длит-ть: 31.90  
 #13#10 Статус: работа

Код	Даты	Значения
-F		
-K		
-E		670.32
-K		376.76
-K		198.50
-K		391.39
-K		193.10
-K		
-K		415.62
-K		252.98



## ➤ СКЛАДСКОЙ УЧЕТ В TECHNOLOGICS: РЕАЛИЗАЦИЯ "ПОД КЛЮЧ"

В современном мире одной из важнейших задач любого производства является поддержание конкурентоспособности. Необходимость сохранять и укреплять позиции на рынке требует от предприятий постоянного повышения качества выпускаемой продукции, сокращения временных и материальных затрат. В числе самых актуальных проблем — оптимизация складского учета. Чтобы понять, насколько это существенно, перечислим сложности, которые порождаются несовершенством такого учета:

- необходимость поиска остатков номенклатуры на местах хранения;
- поддержание минимальных остатков;
- ведение информации о наличии в разных информационных системах;
- отсутствие актуальной информации на текущую дату;
- невозможность выполнения работ из-за отсутствия материала на производстве.

Решить эти и множество других проблем призвана автоматизированная система управления производством **TechnologiCS**. Предприятие получает возможность активно управлять жизненным циклом выпускаемых изделий, причем на всех этапах: от исследований с целью определить потребность в будущем продукте до утилизации отслуживших свое изделий. Контролируются и все основные этапы жизненного цикла: проектирование, производство, эксплуатация.

Охватывая все стороны проектирования и производства, **TechnologiCS** оптимизирует и производственно-складской учет — прежде всего столь значительный его сегмент, как отслеживание запасов на местах хранения и поддержание минимально допустимого уровня остатков. Для сокращения трудозатрат и обеспечения возможности работы в едином интерфейсе разработаны программные модули (макросы), позволяющие минимизировать количе-

ство действий при складском учете. Модули унифицируют действия сотрудника склада при работе в системе, снижают риск появления ошибок, вызванных действием "человеческого фактора", помогают своевременно отслеживать запасы в местах хранения номенклатуры.

Все модули запускаются из единого интерфейса складского учета (рис. 1), который позволяет получать самую полную информацию по номенклатуре и ее количеству на складах. Модули объединяют всю схему работы со складированной номенклатурой: от ее поступления до списания в производство, — включая любые перемещения между цехами и сотрудниками предприятия. Возможна реализация модулей через систему штрихкодирования, причем штрих-код может быть присвоен и номенклатуре, и табельным номерам работников.

Итак, какие же модули реализованы в системе?

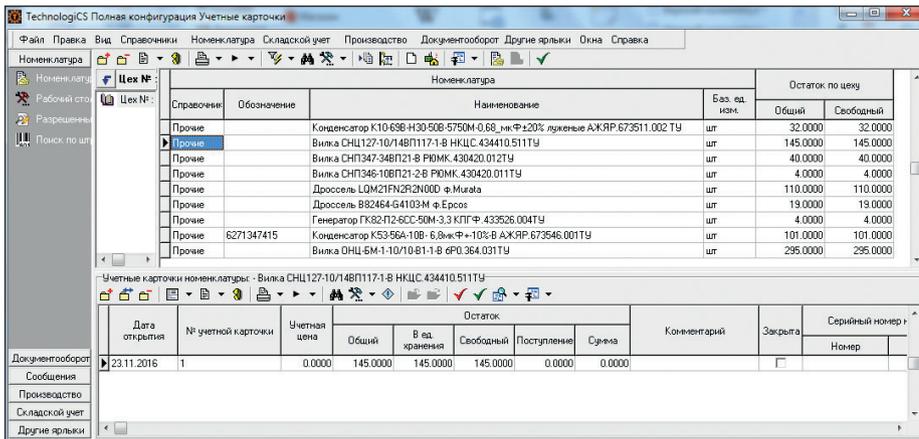


Рис. 1. Интерфейс складского учета

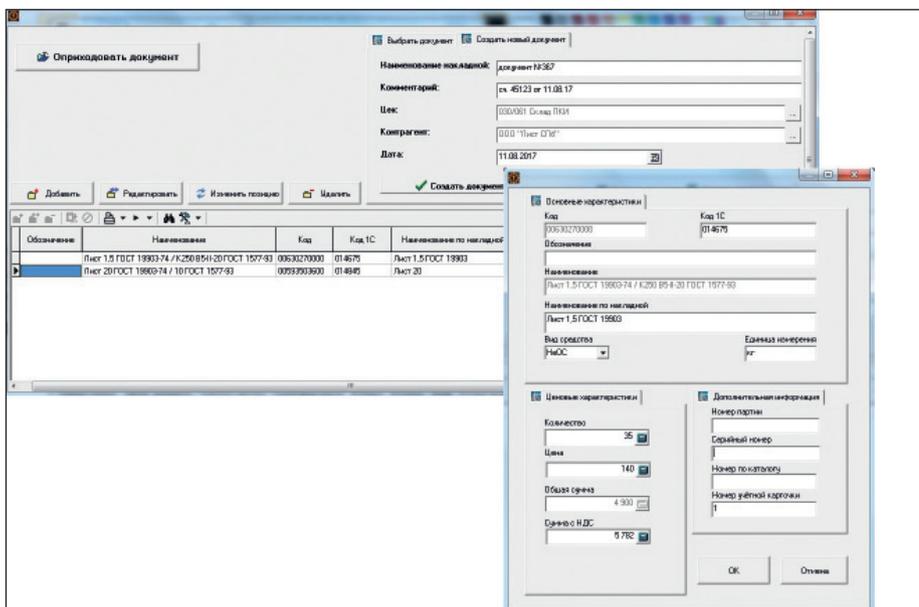


Рис. 2. Создание прихода номенклатуры

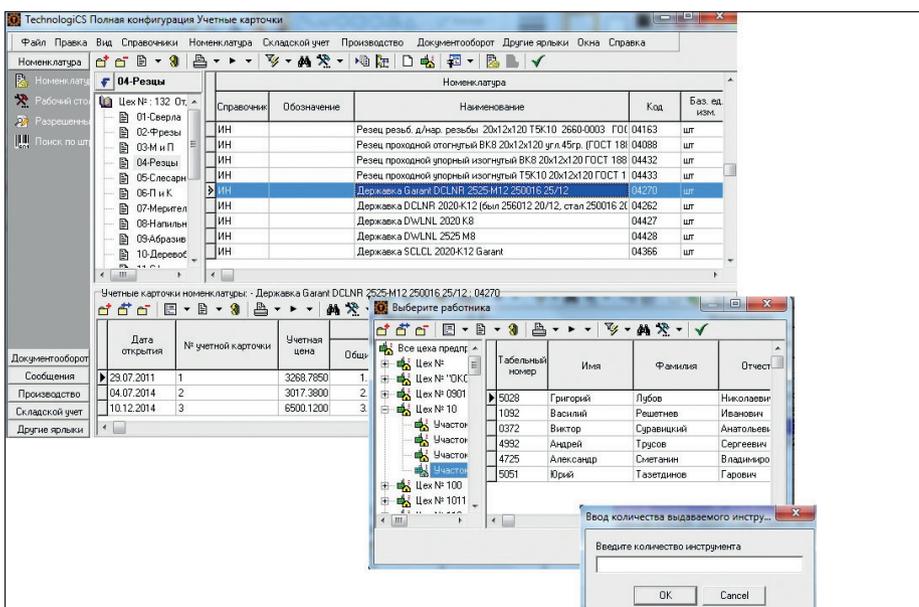


Рис. 3. Выдача номенклатуры на работника

**Создание прихода от поставщика** (рис. 2). Создаются учетный документ "Приходный ордер" и расчетный документ "Накладная поставщика". При внесении информации через этот макрос появляется возможность вести дополнительные параметры:

- поле *Наименование по накладной*. В накладных одна и та же номенклатура может именоваться по-разному. Данное поле позволяет исключить возможность внесения нескольких номенклатурных позиций, имеющих различное наименование, но по сути являющихся одной и той же номенклатурой. Кроме того, можно отследить, как и когда в зависимости от накладной называлась та или иная номенклатура;
- поля *НДС* и *Общая сумма с НДС*. Данные записываются в карточке номенклатуры через параметры. С использованием этих полей можно вести более детальный учет номенклатуры, а также формировать отчеты по форме М-4;
- поля *Серийный номер*, *Номер по каталогу*. Поле *Серийный номер* используется для единичной номенклатуры, имеющей на складе свой идентификационный номер, по которому ведется определенный учет (например, средства измерения на инструментальном складе). Поле *Номер по каталогу* используется для фиксации сведений о номере номенклатуры в каталоге продавца.

**Выдача номенклатуры на работника** (рис. 3).

Выбирается номенклатурная позиция, задается количество на выдачу. Система анализирует остаток по каждой учетной карточке и не позволяет выдать количество, превышающее указанный в ней остаток. Затем выбирается сотрудник, на которого будет осуществлена выдача. Система задает вопрос о дальнейших действиях с выбранной номенклатурной позицией: выдать на работника или выдать под списание:

- при выдаче на работника номенклатура будет числиться за указанным сотрудником до момента ее возврата на склад;
- при выдаче под списание отмечается, что номенклатурная позиция была выдана указанному работнику и списана в производство.

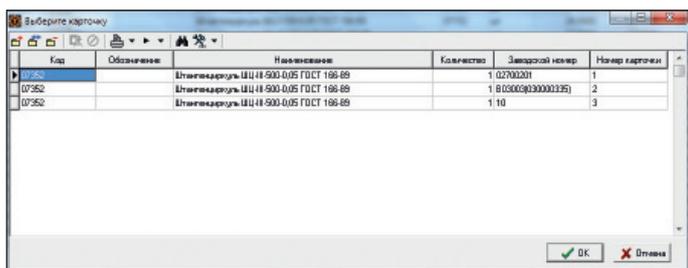


Рис. 4. Номенклатура с серийными номерами

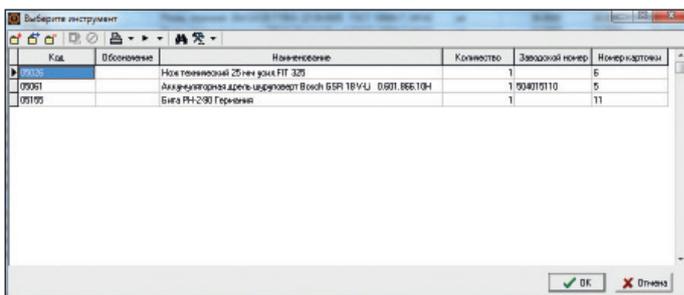


Рис. 5. Список инструмента, числящегося на работнике

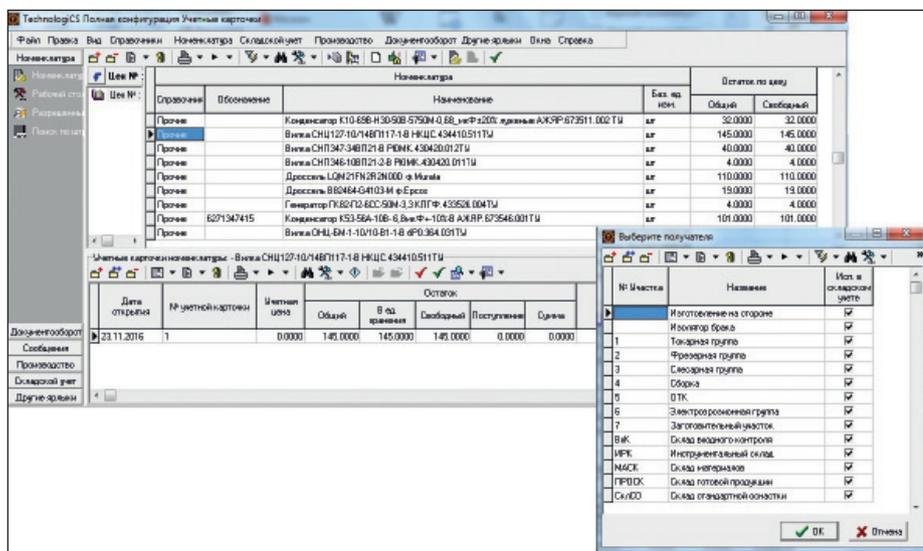


Рис. 6. Прием-выдача номенклатуры в цех



Рис. 7. Лимитно-заборная карта со штрих-кодом

**Выдача номенклатуры на работника по серийному номеру.**

Схема работы совпадает с работой макроса *Выдача номенклатуры на работника*, но при формировании списка выдаваемой номенклатуры добавляется столбец с серийными номерами выбранной позиции (рис. 4). Таким образом, на работника можно выдать конкретную номенклатуру.

**Прием номенклатуры от работника.**

При запуске макроса выводится интерфейс работников предприятия. После выбора конкретного работника появляется экранная форма со списком номенклатуры и ее количеством, числящимся на дан-

ном работнике (рис. 5). Предусмотрены два варианта списания с работника:

- **Возврат на склад** – номенклатура возвращается на свою учетную карточку, из которой была выдана;
- **Списание в производство** – номенклатурная позиция списывается в производство.

**Выдача номенклатуры в цех (рис. 6).**

Выбираются номенклатурная позиция и цех (участок), в который будет осуществлена передача. Вводится количество передаваемой номенклатуры. Система отслеживает, чтобы заявленное количество не превышало указанного в учетной карточке. При передаче номенклатура списывается со

склада и добавляется на учетный баланс цеха (участка), в который была передана.

**Прием номенклатуры из цеха (см. рис. 6).** Действия идентичны предпринимаемым при работе с макросом *Выдача номенклатуры в цех*. Единственное отличие – выбирается цех, из которого поступает номенклатурная позиция.

**Выдача номенклатуры на основании расчетного документа.**

Выдача осуществляется на основании расчетного документа (например, лимитно-заборной карты) при помощи системы штрихкодирования (рис. 7). Возможна реализация выдачи номенклатуры на сотрудника или в цех-потребитель. Использование складского учета в системе TechnologiCS позволяет:

- снизить трудовые и материальные затраты на производстве;
- работать в системе сразу после установки, причем без необходимости специального обучения сотрудников склада;
- в режиме реального времени получать информацию о наличии и остатках по номенклатуре;
- сократить количество номенклатурных позиций благодаря ведению одной номенклатуры под разными закупочными наименованиями;
- вести в единой базе данных информацию по всем местам хранения номенклатуры.

Внедрение системы TechnologiCS позволяет значительно сократить затраты, работать в единой среде на всем предприятии, получать в режиме реального времени актуальную информацию из любого подразделения.

*Игорь Юнаков,*  
**ведущий специалист**  
*отдела инженерного консалтинга*  
**АО "СuСофт"**  
 Тел.: (495) 913-2222  
 E-mail: yunakov@csoft.ru  
 Internet: www.technologics.ru



ВЫКСУНСКИЙ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ  
ЗАВОД

## УНИВЕРСАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВАЛКОВОЙ ФОРМОВКИ ПРЯМОШОВНЫХ ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ ТРУБ

К общим принципам формообразования относится обеспечение равномерного сворачивания полосы в трубную заготовку в каждом технологическом переходе [1]. При этом выбор числа операций зависит от многих параметров: размеров получаемой трубы, требуемых допусков на конечную продукцию, механических свойств материала и др. Ввиду трудоемкости определения длины участка формовки, количества клетей, калибровки рабочего инструмента анализ технологического процесса формообразования целесообразно проводить с помощью математической модели процесса непрерывной прямолинейной формовки. Примеры подобных исследований касались выбора параметров формовочного стана, калибровки валкового инструмента и схем формообразования, а также их влияния на качество формируемой трубной заготовки и стабильность процесса [2-13].

Проектирование процесса формообразования трубной заготовки основано на критерии минимальных растягивающих деформаций прикромочной области. Считается, что именно минимальные растягивающие деформации определяют качество получаемого изделия и стабильность технологического процесса. Поэтому основной путь совершенствования технологии — это изменение калибровки валкового инструмента и, реже, использование дополнительного вспомогательного оборудования: эджеров, кромкогибочных клетей, роликовых проводок и др. [14, 15].

Кроме того, на стабильность процесса непрерывной валковой формовки влияет целый комплекс факторов: количество клетей, длина формовочного участка, конструкция формовочного оборудования, ширина исходной заготовки, материал трубы. Они определяют условия стабильного процесса формообразования трубной заготовки валковым инструментом. При этом, как правило, приходится разрабатывать технологию под уже имеющийся формовочный стан и подбирать соответствующие конструктивные и технологические параметры. В настоящее время сложившаяся на рынке ситуация, реконструкция существующих производственных мощностей требуют изменения общего подхода к проектированию формовочного стана. Интерес представляет определение технологических возможностей импортного оборудования при расширении сортамента продукции как по размерам, так

Таблица 1. Параметры, влияющие на процесс формовки

Конструктивные	Технологические
Длина формовочного стана	Ширина исходной заготовки
Количество клеток	Калибровка валкового инструмента и его позиционирование в клетки
Компоновка оборудования	Схема формовки

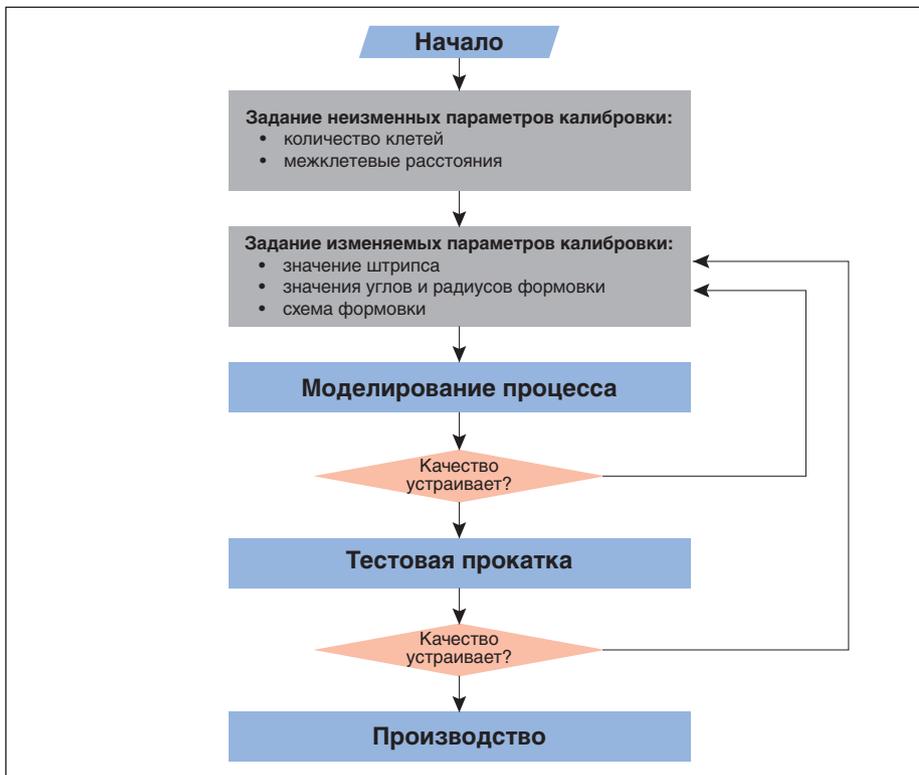


Рис. 1. Схема выбора технологических параметров процесса при заданной конструкции стана

и по материалам с учетом требований рынка.

Исходя из рассматриваемых сценариев и накопленных знаний о процессе было предложено разделить параметры процесса непрерывной валковой формовки на конструктивные и технологические (таблица 1).

Стадии формовки на непрерывных валковых станах определяются выбранным характером и последовательностью изгиба полосы, учитывающими механические свойства металла, размеры заготовки, скорость формовки, требования к качеству сварного шва и другие факторы, обеспечивающие технологичность процесса и минимальные напряжения в полосе. В настоящее время на однотипных станах для одинаковых размеров труб применяют формовочные валки разных габаритных размеров и форм рабочего ручья, используя следующие схе-

мы калибровки непрерывного формообразования трубной заготовки: овальную W-образную, противозгиба, с эффектом Баушингера и др.

По результатам проведенных на базе ТЭСЦ-2 АО "Выксунский металлургический завод" исследований влияния ширины исходной полосы на качество сварного шва была предложена методика исследований калибровки валкового инструмента трубоформовочного стана, которая позволяет решать конкретные производственные задачи и повысить качество получаемой трубной продукции [2]. Математическое моделирование методом конечных элементов или методом конечных разностей корректно отнести к теоретическим методам исследования технологических процессов (нередко данный способ называют "численным экспериментом"). На кафедре оборудования и технологий прокатки МГТУ им.

Н.Э. Баумана с участием авторов была создана математическая модель на базе программного комплекса COPRA® RF [16], которая позволяет проводить исследования по анализу процесса формообразования и давать рекомендации по проектированию технологического процесса и конструкции оборудования для производства труб и профилей.

Модель виртуального непрерывного процесса формообразования валковым инструментом позволяет провести анализ уже существующего валкового инструмента и спроектировать новый на основе результатов моделирования. Так, еще на стадии, предшествующей изготовлению валков (стоимость комплекта на один типоразмер составляет не менее 10 млн руб.) и установке его в линию формовочного стана, стало возможным исследовать область контакта формуемой заготовки и рабочего инструмента; оценить, правильно ли подобрана форма рабочего инструмента, и, при необходимости, внести соответствующие изменения. Тем самым становится возможным проектирование рабочей поверхности валкового инструмента оптимальной формы, что позволяет избежать ошибок при изготовлении дорогостоящего формовочного инструмента – валков.

В состав программы COPRA RF авторами были введены модели отечественного оборудования, что позволяет в удобной форме изменять технологические и конструктивные параметры и предусматривает использование предлагаемой математической модели непосредственно в условиях российских трубных заводов, обеспечивая необходимую техническую поддержку существующих технологических процессов.

Предложена методика анализа калибровки валкового инструмента трубоформовочного стана, которая позволяет решать производственные задачи и повысить качество получаемой трубной продукции. Исходными в данной схеме являются конструктивные параметры процесса формовки трубной заготовки (рис. 1).

В работе [3], посвященной исследованию влияния конструктивного исполнения комплекса оборудования на стабильность процесса формовки трубной заготовки, рассмотрены два стана непрерывной валковой формовки с одинаковой длиной, но с разной компоновкой оборудования: они различаются количеством формовочных клеток и, соответственно, межклетевыми расстояниями между ними. В стане № 1 эти расстояния меньше, чем в стане № 2.

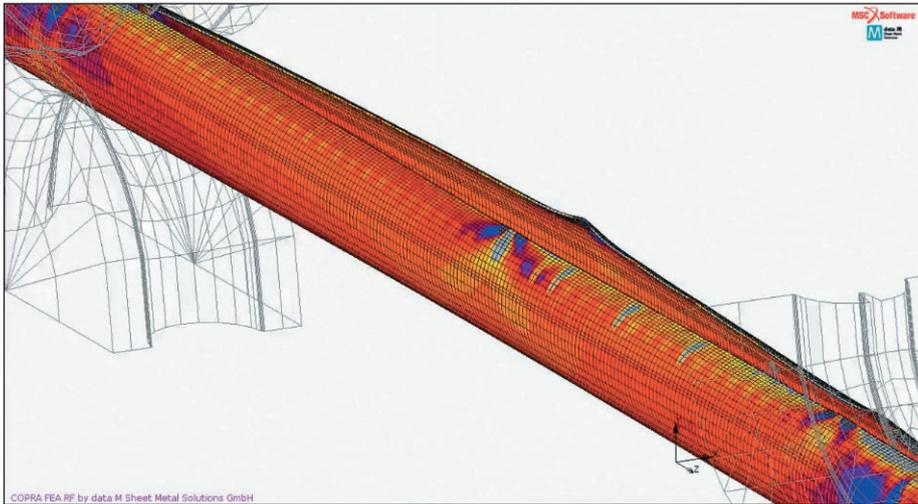


Рис. 2. Поведение трубной заготовки в стане № 1

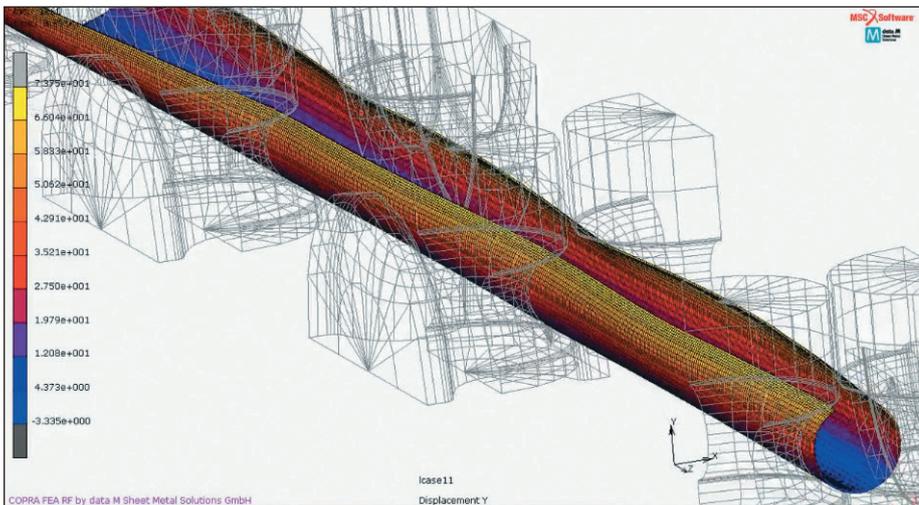


Рис. 3. Поведение трубной заготовки в стане № 2

В результате моделирования с использованием математической модели были получены результаты, которые показывают, что увеличенные горизонтальные расстояния позволяют металлу испытать обратное пружинение из-за упругих свойств металла в пространстве между клетями, что приводит к увеличению деформаций прикромочной области полосы трубной заготовки (рис. 2). При уменьшении межклетевого расстояния процесс становится стабильным и протекает без ярко выраженных сбоев (рис. 3).

Результаты проведенных исследований позволяют создать методику выбора конструктивных параметров и выявить как диапазон применения существующих формовочных линий трубоэлектросварочных агрегатов, так и возможности их модернизации. Правильность выбора основных конструктивных пара-

метров позволит значительно снизить затраты на установку оборудования и избежать серьезных проблем при эксплуатации. Последовательность применения методики представлена на рис. 4.

Исходными данными служат технологические параметры процесса, на основе которых определяется минимально допустимая длина формовочного стана для производства труб из сталей повышенного класса прочности. Выбор числа клетей и задание межклетевых расстояний проводятся на основе информации о материале трубной заготовки – марочного сортамента. При использовании сталей повышенного класса прочности рекомендуется увеличить число клетей согласно рекомендациям авторов. Выбор конструкции формовочного оборудования осуществляется на основе типа производства прямошовных электро-

сварных труб: гибкое, предусматривающее быстрый переход от одного размера к другому и выпуск продукции небольшими партиями, или массовое, при котором замена валкового инструмента происходит редко, а выпуск одного типоразмера достигает 100 тыс. тонн трубной продукции.

В результате использования данной методики оценки формовочного оборудования получают информацию не только о технологических параметрах стана, но и о его конструктивном исполнении. Каждый из этапов исследований – расчет калибровки и математического моделирования – позволяет получить рекомендации для разработки технологии производства трубной заготовки на формовочном стане. По мнению авторов, осознанное применение исследований в рамках научно обоснованной методики позволит в разы повысить эффективность и приведет к значительному снижению затрат на этапе освоения и дальнейшего производства новых типоразмеров прямошовных электросварных труб.

Алгоритм действий (рис. 5) на первом этапе предусматривает оценку конструктивных параметров получаемого трубного профиля (диаметр и толщина стенки) и формовочного оборудования – нужно задать количество клетей и определить межклетевое расстояние между ними. На основе полученных данных проводится расчет калибровки валкового инструмента с учетом конструктивного исполнения оборудования – то есть определяются технологические параметры процесса формовки.

Необходимо отметить, что для одного и того же типоразмера трубной заготовки могут применяться различные схемы калибровки, поэтому проектировщик должен знать, каким критерием качества в зависимости от материала следует руководствоваться. При этом необходимо учесть способ задания исходной плоской заготовки в формовочный стан.

Обладая исчерпывающими данными о процессе формообразования трубной заготовки, проводят математическое моделирование процесса с использованием ранее представленной модели. Оценка результатов происходит на основе полученных данных о деформациях, напряжениях и контактных взаимодействиях. При неудовлетворительных результатах рекомендуется прежде всего изменить схему калибровки валкового инструмента, а уже потом прибегать непосредственно к пересчету параметров калибровки. В редких случаях следует внести изменения в конструкцию формовочного стана.

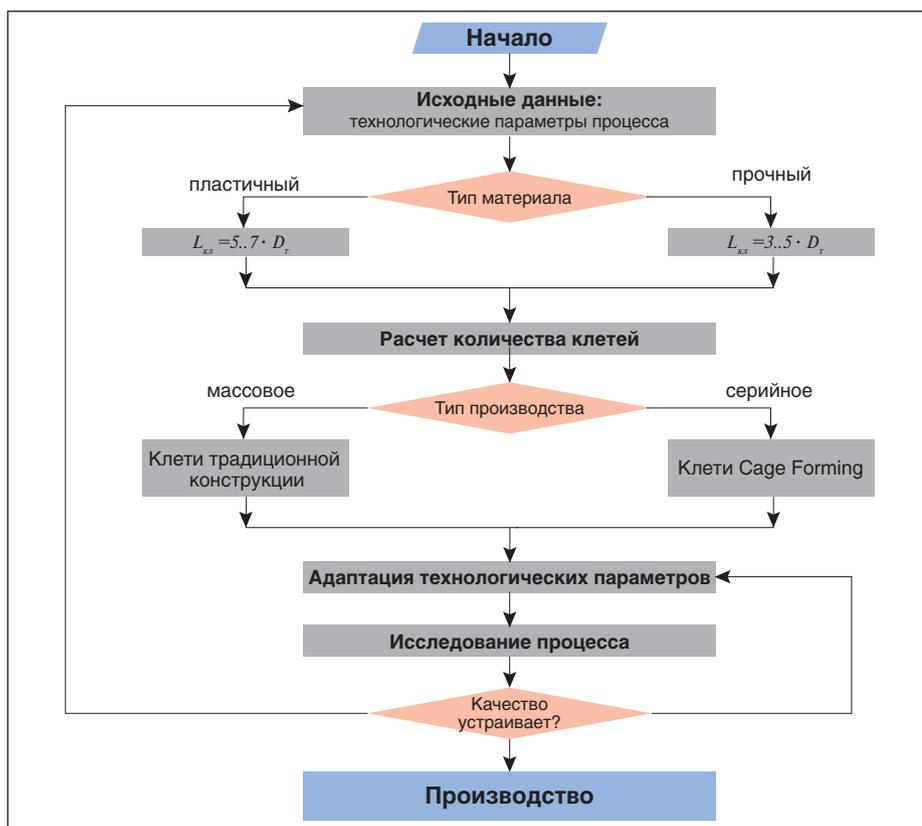


Рис. 4. Алгоритм выбора конструктивных параметров формовочного стана



Рис. 5. Последовательность определения параметров процесса формовки

**Литература**

1. Потапов И.Н., Коликов А.П., Друян В.М. Технология трубного производства. М.: Металлургия, 1991. 421 с.
2. Соколова О.В., Лепестов А.Е., Новокшенов Д.Н. Анализ калибровки валкового инструмента при непрерывной валковой формовке труб // Производство проката. 2016. № 5. С. 25-27.
3. Соколова О.В., Лепестов А.Е., Моисеев А.А. Пути расширения технических возможностей оборудования для производства труб нефтегазового сортамента методом валковой формовки // Производство проката. 2014. № 4. С. 28-30.

4. Сенлмайер А., Коваленко А. Современные направления производства сварных и бесшовных труб из черных и цветных металлов // Практические результаты применения компьютерного моделирования на станах высокочастотной сварки труб. Днепропетровск: International Tube Association, 2007.
5. Акопян К.Э. Исследование и совершенствование технологии профилирования электросварных стальных труб квадратного сечения в четырехвалковых калибрах: Дисс. канд. техн. наук. Москва. 2012. 137 с.
6. Глебов А.А. Исследование формовки трубной заготовки гладкими валками

- и разработка технологии процесса и конструкции инструмента: Дисс. канд. техн. наук. Москва, 1998. 190 с.
7. Горбунов В.В. Исследование процесса непрерывного формообразования трубной заготовки и разработка новых схем формовки для производства прямошовных электросварных труб: Дисс. канд. техн. наук. Москва. 1978. 171 с.
8. Иванов Е.И. Исследование процесса валковой формовки заготовок конечной длины для прямошовных электросварных труб: Дисс. канд. техн. наук. Днепропетровск. 1976. 171 с.
9. Колобов А.В. Исследование и совершенствование непрерывной валковой формовки при производстве электросварных прямошовных труб: Дисс. канд. техн. наук. Москва, 2005. 172 с.
10. Новокшенов Д.Н., Соколова О.В., Лепестов А.Е. Оптимизация схемы формоизменения трубной заготовки путем моделирования // Сталь. 2016. № 7. С. 53-56.
11. Соколова О.В., Лепестов А.Е. Прогнозирование качества прямошовных сварных труб / Электронное научно-техническое издание "Наука и образование". Москва: [б.н.], 2011. С. 6.
12. Пашков Н.Г. Разработка эффективных способов формоизменения прямошовных электросварных труб нефтяного сортамента в линии трубоэлектросварочного агрегата: Дисс. канд. техн. наук. Москва, 2007. 164 с.
13. Разработка овальных схем непрерывного формообразования трубной заготовки / Рымов В.А., Потапов И.Н., Горбунов В.В. и др. // Сталь. 1982. № 10. С. 66-68.
14. Методика оценки калибровки валков формовочного стана / Самусев С.В., Логинов Е.В., Нестеров Г.В. [и др.] // Сталь. 2002. № 6. С. 57-60.
15. Методика расчета длины контакта кромок трубной заготовки с поверхностью валков при непрерывном процессе формовки / Шказатур К.И., Мизера Р.И., Жуковский Б.Д., Бураковский В.Н. // Производство сварных труб. № 2, 1974, С. 16-21.
16. www.datam.de — официальный сайт компании data M Sheet Metal Solution.

*Ольга Соколова  
МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
Антон Лепестов  
АО "CuCoфm"*



## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И ФАЗОВЫХ ПОЛЕЙ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ СЛЯБА

Представлена реализация математической модели процесса производства сляба шириной 2000 мм и толщиной 315 мм из стали марки 10Г2ФБЮ на установке непрерывного розлива стали (УНРС). В соответствии с документацией, заданы основные габариты установки, в том числе координаты осей нижнего ряда роликов, размеры кристаллизатора, протяженность зон вторичного охлаждения (ЗВО), расход воды в зонах ЗВО, тепловые и скоростные параметры техпроцесса, а именно:

- температура разливаемой стали – 1544-1538 °С;
- характерный химический состав стали: С – 0,097%; Si – 0,28; Mn – 1,65; Cr – 0,03; Ni – 0,03; Cu – 0,04; V – 0,07; Ti – 0,02; Nb – 0,04; Al – 0,04; N – 0,005; P – 0,012; S – 0,002; As – 0,002; Mo – 0,003; Ca – 0,0014;
- материал кристаллизатора – медь;

- материал приводных роликов – 40ХМФА, материал остальных роликов – 24ХМ1Ф;

- скорость розлива стали – 0,6 м/мин.

В рамках выполнения работы решено пренебречь трением сляба о стенки кристаллизатора, влиянием трения сляба о поверхности роликов, деформацией сляба в роликах (так называемое мягкое обжатие). Целью создания математической модели является получение инструмента, ориентированного на уровень технолога-литейщика, для изучения тепловых и фазовых процессов, связанных с передачей тепла от сляба к кристаллизатору и роликам с учетом их неидеального контакта и теплофизических свойств, отдачей тепла в окружающую среду (воздух и/или водовоздушная смесь в зоне вторичного охлаждения). Рассматриваются процессы, связанные с затвердеванием сляба, включая выделение скрытой теплоты кристаллизации. Математическая модель создана в рам-

ках выполнения научно-исследовательской работы совместно с ПАО "Северсталь".

### Построение 3D-модели УНРС

Для разработки математической модели, ее реализации в виде программного кода, а также для дальнейшей верификации на основе экспериментальных данных необходима трехмерная САД-модель. Эта модель представляет собой геометрическую область, в которой планируется моделировать и изучать физические явления, связанные с протеканием технологического процесса. Построение эталонной САД-модели выполнено в САД-системе высокого уровня NX (версия 10.0, разработчик – Siemens PLM Software).

Эскизы нижнего ряда роликов построены по данным таблицы координат их осей и значений диаметров, указанных на схеме УНРС. Огибающая линия роликов делится на пять участков: верти-

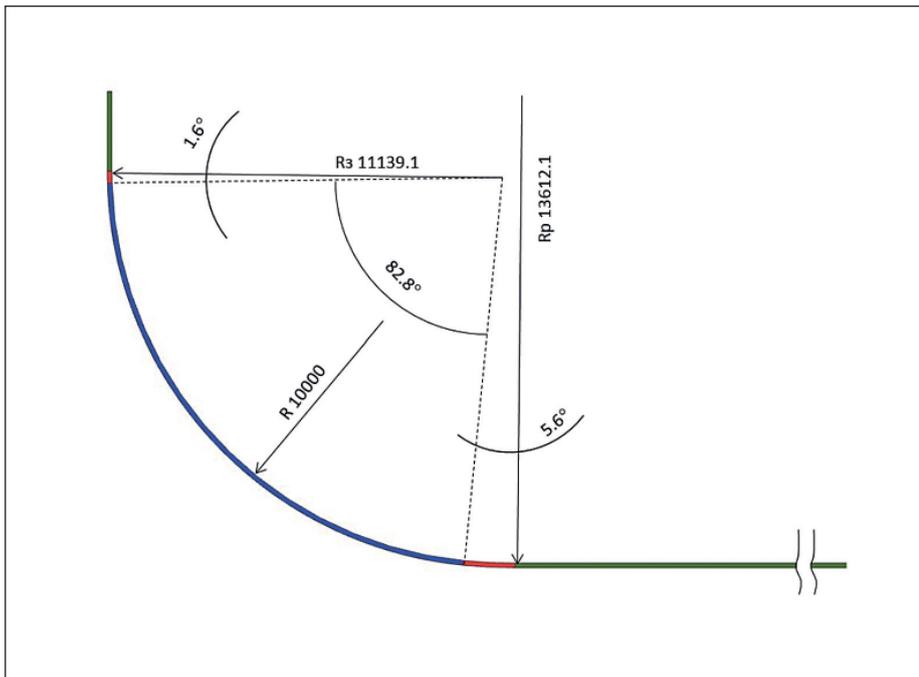


Рис. 1. Схема огибающей линии нижнего ряда роликов. Разными цветами показаны линейные участки (вертикальный и горизонтальный) (зеленый); зона основного радиуса (синий); зоны загиба и разгиба сляба (красный)

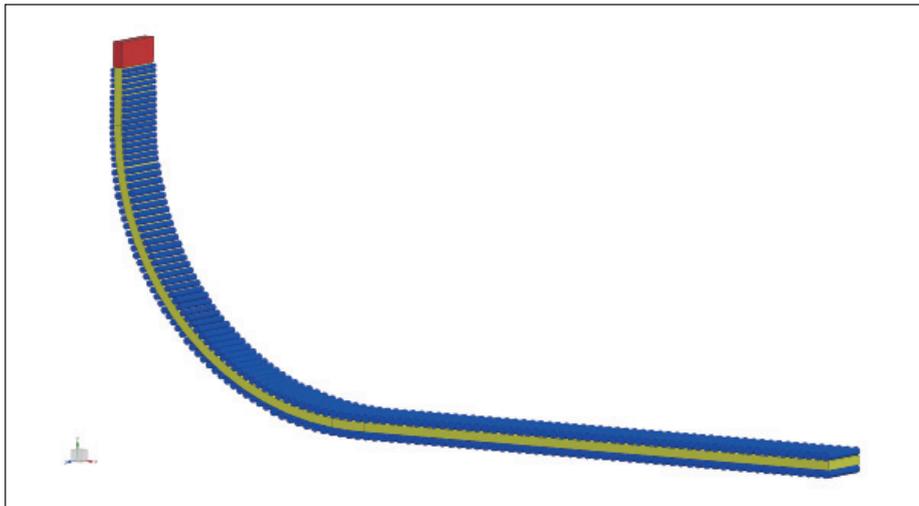


Рис. 2. Объемная CAD-модель УНРС

кальный участок (идет непосредственно после кристаллизатора), участок загиба сляба, радиальный участок, участок разгиба сляба и горизонтальный участок (зона мягкого обжатия) – рис. 1. Верхний ряд роликов может перемещаться, при этом настройка положения роликов зависит от размеров выпускаемого сляба. На схеме УНРС их положение никак не описано, поэтому при построении CAD-модели предполагается, что верхние ролики соосны с нижними роликами. При этом ось каждой пары роликов радиальных участков представляет собой радиус, проведенный из цен-

тра соответствующей окружности. На горизонтальном и вертикальном участке ось каждой пары сонаправлена вертикальной и горизонтальной оси соответственно. Построение 3D-модели кристаллизатора не представляет трудностей. Принято решение не учитывать уклоны плит, поскольку уклон на сторону составляет от 1,2 мм (для широких плит) до 9,9 мм (для узких плит). Построение объемной модели УНРС выполняется стандартными командами вытягивания элементов эскизов. На рис. 2 показана итоговая эталонная

CAD-модель, на основе которой будет происходить построение конечно-элементной расчетной модели.

### Разработка вычислительной технологии для моделирования тепловых процессов, протекающих в слябе, при движении его в УНРС

Одним из основных вопросов моделирования литейных процессов является решение задачи охлаждения и затвердевания отливки заданной конфигурации. Численные методы позволяют решить эту задачу на основе исходного уравнения нестационарной теплопроводности с соответствующими граничными условиями [1]:

$$K_x \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + qv = C_v \frac{\partial T}{\partial t},$$

$$T = T(S, t),$$

$$K_n \frac{\partial T}{\partial n} = -qn,$$

$$K_n \frac{\partial T}{\partial n} = -\alpha (T - T_{cp}),$$

где  $x, y, z$  – координаты в области пространства, ограниченного поверхностью  $S$ ;  
 $n$  – нормаль к поверхности  $S$ ;  
 $t$  – время;  
 $T$  – функция распределения температуры в пространстве координат  $x, y, z, t$ ;  
 $K_x, K_y, K_z, K_n$  – теплопроводность в направлении осей  $x, y, z$  и нормали  $n$  соответственно;  
 $qv$  – объемная мощность внутренних источников теплоты;  
 $C_v$  – объемная теплоемкость;  
 $qn$  – граничный тепловой поток (по нормали к  $S$ );  
 $\alpha$  – коэффициент граничной конвективной теплопередачи в среду с температурой  $T_{cp}$ .

Кроме того, при решении задачи затвердевания наиболее важное значение имеет то, насколько адекватно учитывается выделение скрытой теплоты и теплопередача через границу сопряжения отливки и формы.

Одним из наиболее современных и часто применяемых численных методов для решения задач моделирования физических процессов является метод конечных элементов (МКЭ). Он используется в современных системах моделирования литейных процессов и хорошо подходит для задач, связанных с перемещением тел расчетной области относительно друг друга. Также метод конечных элементов является стандартом для создания моделей напряженно-деформированного состояния.

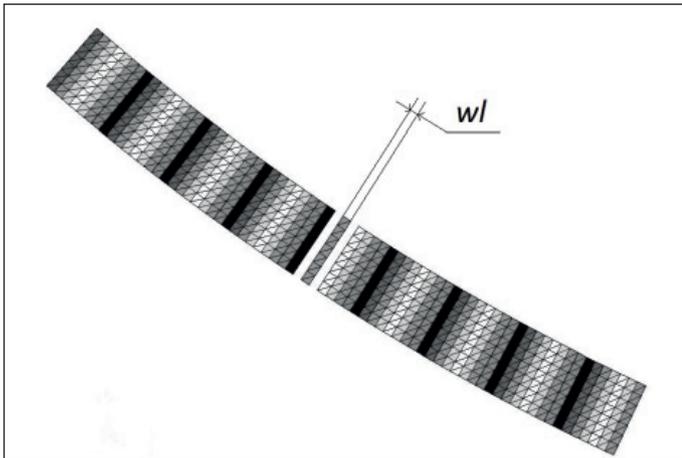


Рис. 3. Пример послойной структуры сетки сляба

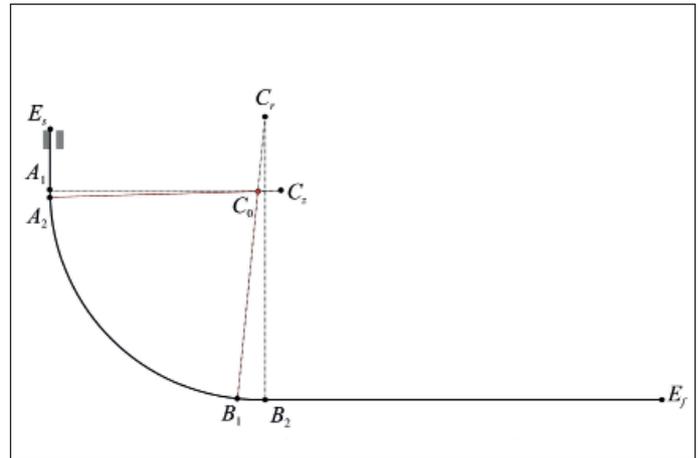


Рис. 4. Огибающая нижнего ряда роликов

При создании математической модели процессов, протекающих в УНРС, за основу была взята математическая модель [1, 2] тепловых процессов, протекающих в отливке и форме и ее реализация для метода конечных элементов (КЭ). Эта модель была модернизирована для применения к условиям непрерывного литья. При расчете температурных и фазовых полей (ТФП) в слябе, получаемом в УНРС, необходимо корректно учитывать движение металла внутри кристаллизатора, его выход в зону охлаждения и дальнейшее продвижение вдоль всей установки. Движение среды является главным отличием рассматриваемой задачи от задач моделирования литья фасонных отливок. В связи с этим требует-

ся разработка новой вычислительной методики на базе МКЭ, которая позволит моделировать движение сляба в УНРС с учетом ее конструкции. Для выбора оптимального варианта адаптации существующих вычислительных методик к условиям УНРС была разработана "транспортная" модель расчета тепловых полей, которая основана на использовании фиксированной КЭ-сетки, разбитой на слои (с одинаковым разбиением на КЭ внутри слоя) в продольном направлении сляба (рис. 3). При этом в расчете полей на каждом шаге моделирования участвуют только те слои, которые на текущий момент находятся в пространственной области, занятой слябом. Используемая структура сетки по-

зволяет правильно описывать геометрию торца сляба и моделировать происходящие в нем тепловые процессы (в отличие от случая полностью неструктурированных сеток). Сдвиг ТФП вдоль траектории движения сляба реализуется наиболее просто в случае, когда шаг расчета по времени  $dt$  выбирается по формуле:

$$dt = w_l / v,$$

где  $w_l$  – толщина слоя;  
 $v$  – скорость продвижения сляба.

При таком выборе шага  $dt$  сдвиг расчетных полей осуществляется путем переноса узловых значений этих полей на следующий (по направлению движения) слой. Основу для построения КЭ-сетки сляба, используемой в "транспортной" модели расчета ТФП в слябе, составляет огибающая линия нижнего ряда роликов, полученная на основе построенной CAD-модели УНРС (рис. 4).

Для построения в области сляба расчетной сетки, используемой в "транспортной" модели расчета ТФП, применяется параметрическое описание огибающей линии  $E_s A1 A2 B1 B2 E_f$ . Например, параметрическое описание дуг окружностей  $L1 = A1 A2$ ,  $L2 = A2 B1$ ,  $L3 = B1 B2$  имеет вид:

$$\begin{aligned} x_i(\theta) &= x_{i,0} + R_i \cos(\theta), \\ y_i(\theta) &= y_{i,0} + R_i \sin(\theta), \\ \theta_{i,0} &\leq \theta \leq \theta_{i,1}, \end{aligned}$$

где значения параметров окружностей задаются пользователем.

Расчетная сетка в области сляба (см. рис. 4) получается в результате применения отображения к сетке, предварительно построенной в прямоугольном параллелепипеде (часть сляба), расположенном в кристаллизаторе. Пример КЭ-модели сляба представлен на рис. 5.

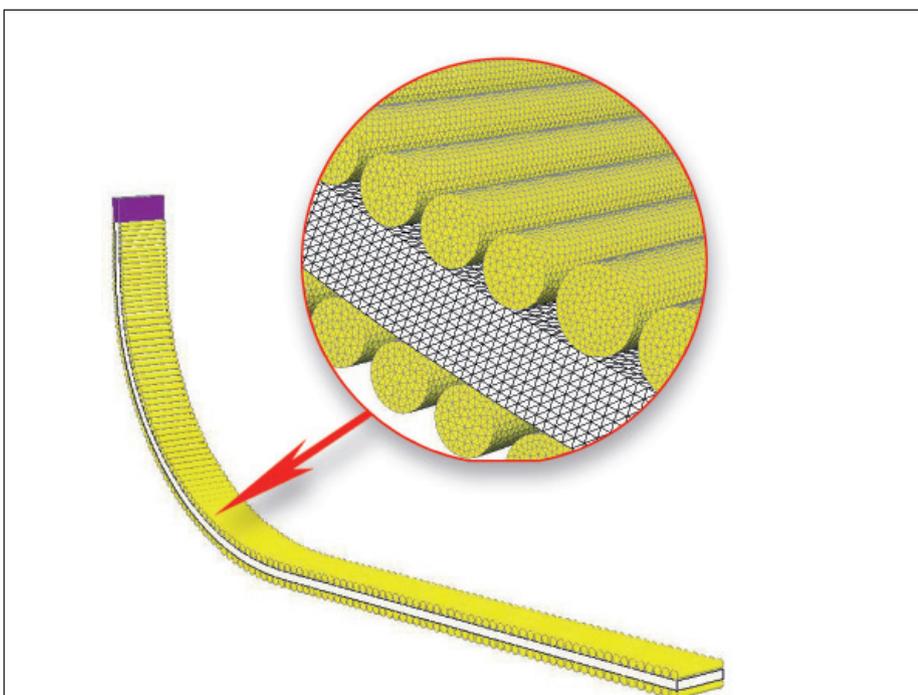


Рис. 5. Вариант сеточной модели расчетной области

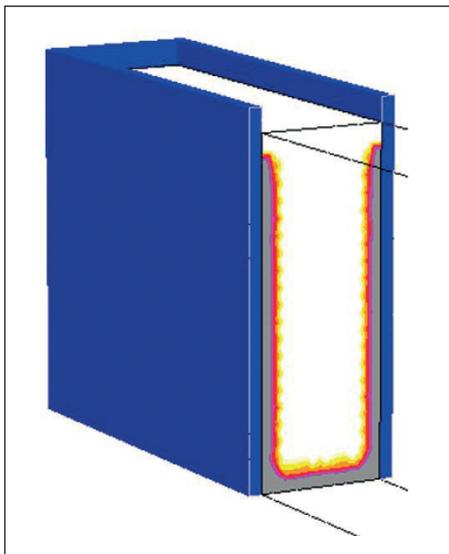


Рис. 6. Температурно-фазовое поле сляба перед началом движения (продольное сечение)

**Результаты расчетов и верификация модели**

Условия расчетов, проведенных при тестировании разработанных алгоритмов и их верификации, задаются следующими параметрами:

- начальная температура расплава в кристаллизаторе;
- температура окружающей среды;
- скорость протяжки сляба;
- выдержка перед началом процесса (предстартовая выдержка);

- теплофизические свойства материалов (сляба, роликов, кристаллизатора);
- условия теплопередачи на поверхности "сляб – кристаллизатор";
- условия теплопередачи на поверхности "сляб – ролики" в зоне ЗВО;
- условия теплопередачи на поверхности "сляб – ролики" вне зоны ЗВО;
- условия теплопередачи на поверхности "сляб – охлаждающая среда" в зоне ЗВО;
- условия теплопередачи на поверхности "сляб – среда" вне зоны ЗВО;
- условия теплопередачи на поверхности "боковая поверхность сляба – окружающая среда" в зоне ЗВО;
- условия теплопередачи на поверхности "боковая поверхность сляба – окружающая среда" вне зоны ЗВО;
- условия теплопередачи на поверхности "торец сляба – затравка".

На рис. 6 представлено ТФП расплава в кристаллизаторе перед началом движения затравки. Серым цветом показана твердая корка сляба.

Результаты моделирования ТФП в движущемся слябе представлены на рис. 7. В соответствии с заданными условиями процесса стабилизация температурных полей в двухфазной зоне происходит задолго до того, как сляб достигнет последнего ролика. Это происходит на 1008-й секунде расчета. Язык жидкой фазы доходит до 37-го ролика, который,

согласно документации, находится в зоне вторичного охлаждения.

На рис. 8 показаны температурные "пятна" в зонах контакта роликов со слябом в ЗВО. Как и предполагалось, ролики препятствуют охлаждению сляба, температура его поверхности локально повышается при контакте с роликами и затем вновь снижается под действием водовоздушной смеси. При удалении от ЗВО этот эффект смазывается.

При моделировании тепловых процессов, происходящих в УНРС, важно использовать такие исходные параметры, которые соответствовали бы реальным технологическим условиям производства и, в частности, параметрам конкретного технологического процесса в конкретной установке. Часть таких исходных параметров регламентируется заранее известными параметрами технологии, например скорость протяжки, общая схема установки УНРС, геометрия сляба и элементов УНРС и т.п. Часть исходных параметров имеет достаточно универсальный физический смысл и не требует настройки под конкретный технологический процесс, например теплофизические свойства стали и др. Такие исходные данные являются так называемыми общими исходными данными и могут формироваться и использоваться пользователем без дополнительной коррекции под ус-

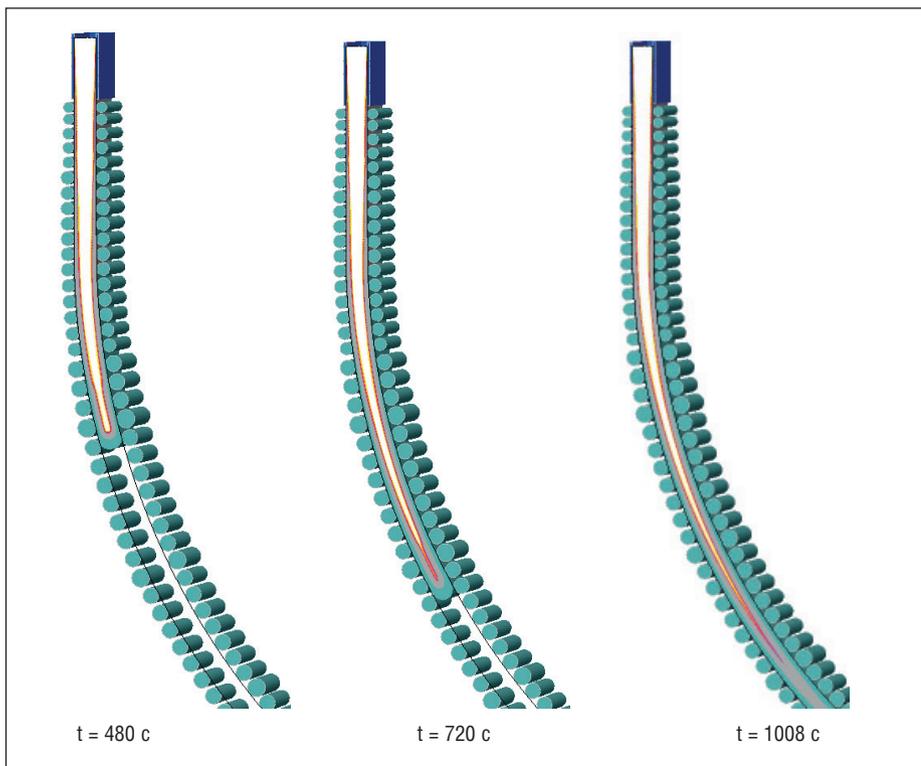


Рис. 7. Температурно-фазовое поле сляба в процессе движения

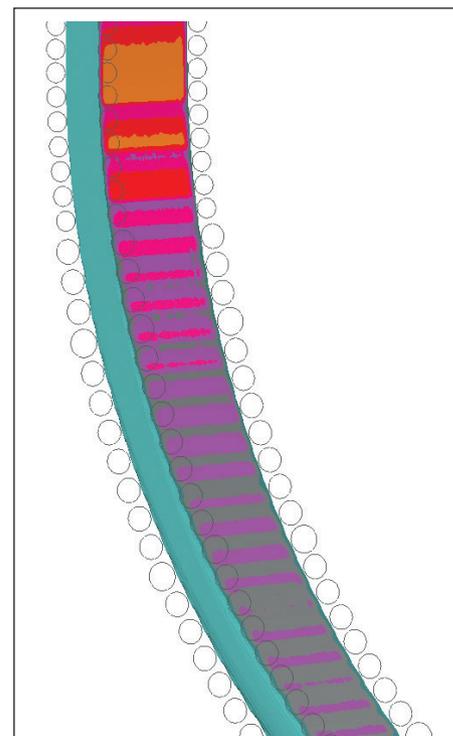


Рис. 8. Тепловые "пятна" в зонах контакта роликов со слябом

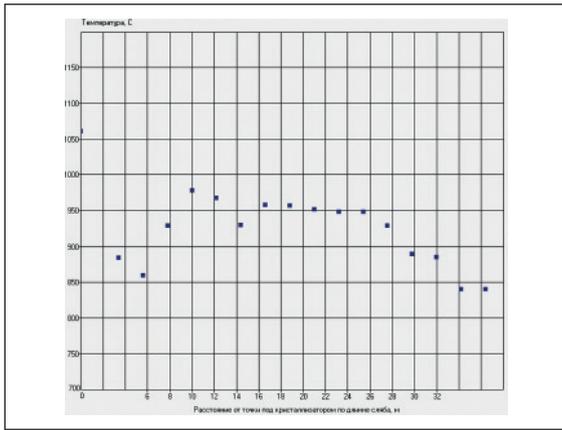


Рис. 9. Замеры температуры по длине сляба

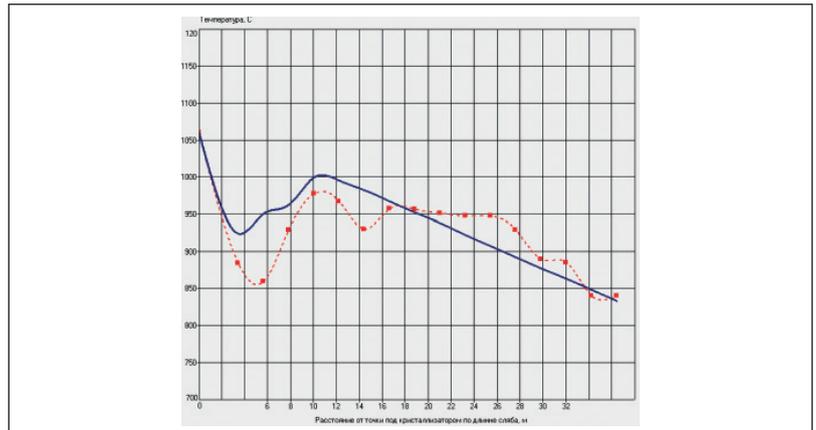


Рис. 10. Распределение температур по длине сляба по результатам расчета с верифицированными исходными данными (пунктиром показаны экспериментальные данные)

ловия конкретного технологического процесса.

Однако при моделировании сложных физических процессов, протекающих в достаточно специализированных технологических условиях, которыми характеризуются УНРС, присутствуют исходные данные, требующие адаптации под конкретные производственные условия. При моделировании тепловых процессов в УНРС это относится к коэффициентам поверхностного теплообмена (коэффициенты теплопередачи) на различных участках сляба, а также между слябом и элементами УНРС. Хотя эти коэффициенты имеют четкий физический смысл, но применительно к УНРС носят суммарно-эффективный характер, так как включают возможные упрощения моделей (например, предположение о постоянстве температуры окружающей среды на некотором удалении) и не моделируемые в данной постановке процессы (например, течение и испарение воды на поверхности сляба). Определенные коэффициенты теплопередачи на каких-либо простейших пробах для данного процесса малоэффективно, поскольку не отражает всей совокупности факторов, присутствующих при поверхностном теплообмене в УНРС в условиях принципиально разной и сложной системы охлаждения и теплообмена в различных зонах УНРС. Тем не менее в данных условиях (условиях УНРС) коэффициенты теплопередачи играют решающую роль при формировании тепловых полей сляба, которые собственно и являются главной целью моделирования тепловых процессов в УНРС.

В связи с этим совместно со специалистами ПАО "Северсталь" была принята следующая схема верификации модели, то есть подбора задаваемых коэффициентов

теплопередачи. В заводских условиях специалисты ПАО "Северсталь" измерили температуры поверхности сляба в различных точках по его длине в так называемом установившемся (стационарном) режиме работы УНРС. Проведением необходимого числа расчетов коэффициенты теплопередачи, участвующие в модели, были подобраны так, чтобы результаты расчетов соответствовали измеренным температурам. Таким образом, обосновывается необходимая гибкость и адекватность алгоритмов модели.

Сложность проведения экспериментальных замеров температуры сляба не позволяет оценить их точность. Однако в данной ситуации любые полученные экспериментальные данные, даже вызывающие сомнение, должны показать общий характер процесса. А созданная модель должна воспроизводить этот процесс (пусть даже с погрешностью). На рис. 9 представлены результаты замеров температуры по длине сляба.

Измерения проводились оптическим пирометром. В таких случаях достаточно трудно оценить их погрешность, так как она может зависеть от многих субъективных и объективных причин. Это и влияние дополнительных факторов (водяной пар, окалина и т.п.), и систематическая погрешность собственно прибора, которая для пирометров существенно зависит от эталонной шкалы. Считается, что самыми важными характеристиками пирометра, определяющими точность измерения температуры, являются оптическое разрешение и настройка степени черноты объекта. Коэффициент эмиссии  $\epsilon$  (коэффициент излучения, степень черноты) — способность материала отражать падающее излучение. Он может принимать значения от 0 до 1. В литературе указывается, что применение не-

верного коэффициента эмиссии — один из основных источников возникновения погрешности измерений для всех пирометрических методов измерения температуры. На коэффициент излучения сильно влияет окисление поверхности металлов. Так, если для стали окисленной коэффициент составляет примерно 0,85, то для так называемой "блестящей" стальной поверхности он снижается до 0,075. Степень же черноты окалины в общем случае неизвестна, хотя обычно ее принимают как 0,8. Тем не менее будем считать, что общий характер распределения температур по длине сляба данные измерения отражают в основном правильно.

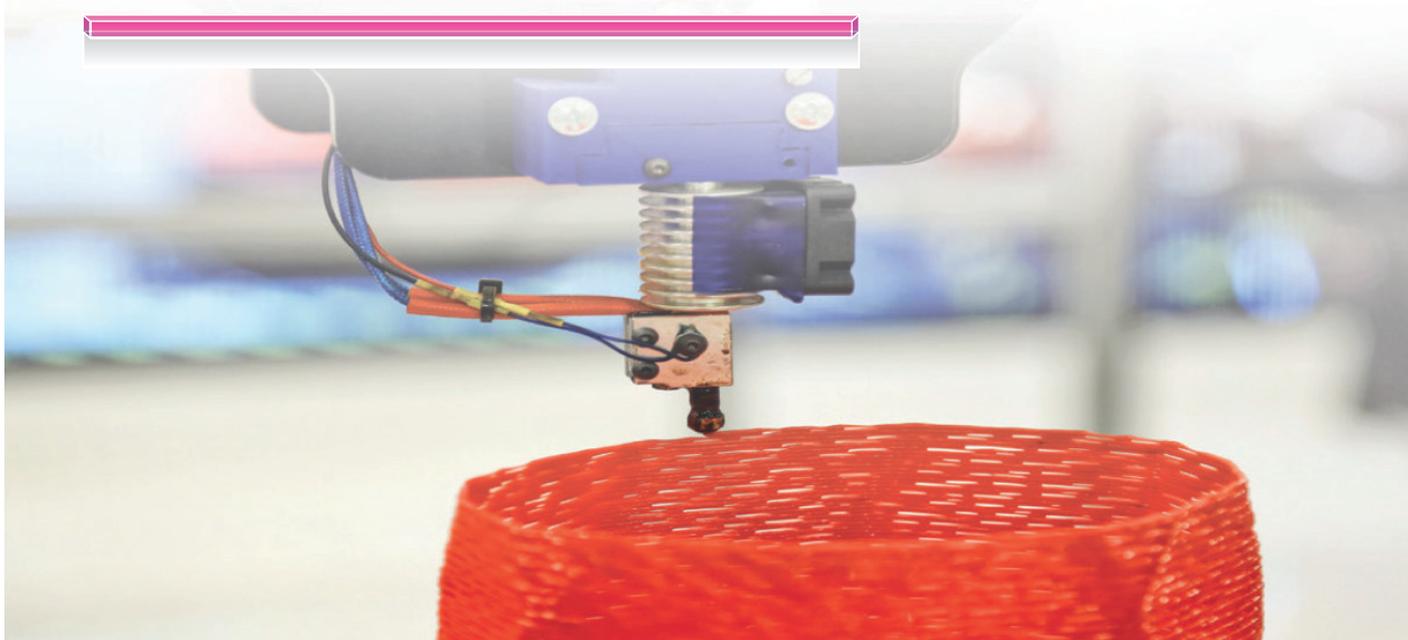
После проведения нескольких тестовых расчетов, в ходе которых менялись условия теплопередачи в разных зонах вторичного охлаждения и на границе "кристаллизатор — сляб", было достигнуто принципиальное соответствие расчетной температурной кривой экспериментальным точкам (рис. 10).

#### Литература

1. Тихомиров М.Д. Модели литейных процессов в САМ ЛП "Полигон". Труды ЦНИИМ, вып. 1. СПб: 1995. С. 21-26.
2. Тихомиров М.Д. Моделирование тепловых и усадочных процессов при затвердевании отливок из высокопрочных алюминиевых сплавов и разработка системы компьютерного анализа литейной технологии: Автореф. канд. дис. СПб: 2004. — 19 с.

*Алексей Монастырский*  
**CSoft**  
 к.т.н., ведущий специалист  
 Тел.: (495) 913-2222  
 E-mail: avmon@csoft.ru

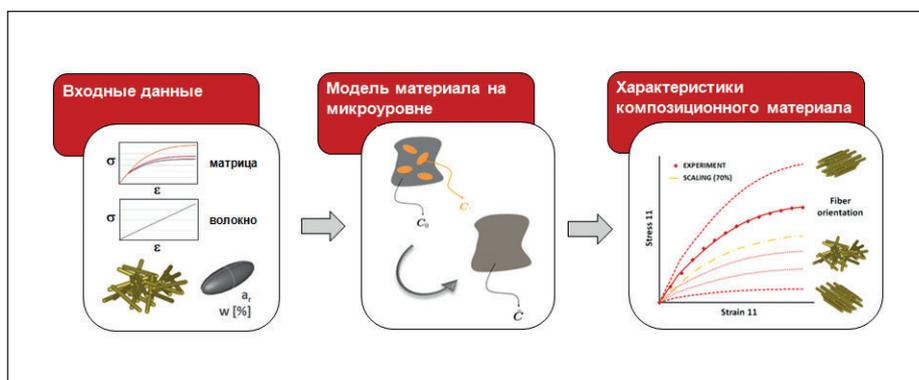
# КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ DIGIMAT ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ, ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКЦИИ



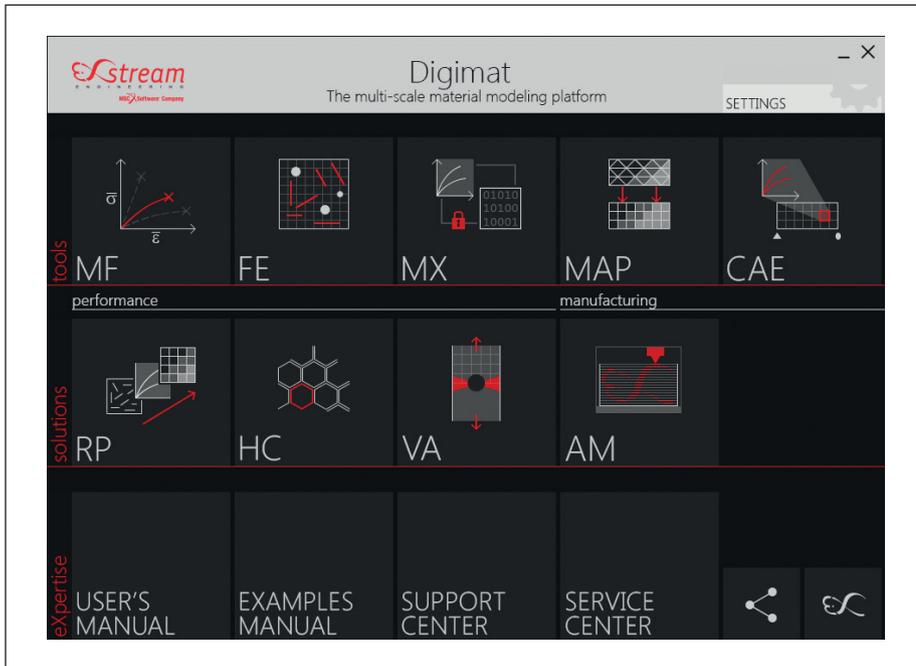
**В** настоящее время производство деталей из пластиков (в том числе армированных пластиков) с использованием аддитивных технологий активно переходит от стадии быстрого прототипирования к стадии промышленного производства ответственных нагруженных деталей. Несмотря на большой интерес в мире к технологиям 3D-печати, широкому применению этих технологий в промышленном производстве препятствует ряд существенных проблем: ограниченный ассортимент современных материалов, недостаточная точность детали из-за ее коробления в процессе изготовления, труднопредсказуемые механические свойства (прочность и жесткость) будущего изделия. Поэтому для получения детали, соответствующей теоретической геометрии и заданным механическим характеристикам, приходится использовать метод проб и ошибок. Как результат, стоимость деталей, получаемых методом 3D-печати, сейчас достаточно высока.

Чтобы обеспечить быстрый и эффективный переход к промышленному производству, компания MSC Software предлагает уникальное решение для аддитивных технологий – **Digmat Additive Manufacturing**, позволяющее провести комплексную разработку деталей из пластики (включая армированные пластики): от композиционного материала и процесса изготовления методом 3D-печати до характеристик конструкции.

Основой платформы Digmat Additive Manufacturing является программный комплекс Digmat, который разработан и поддерживается бельгийской компанией e-Xstream engineering (с 2012 года – подразделение корпорации MSC Software). Для определения свойств многофазных материалов Digmat использует микроуровневый подход. В качестве исходных данных выступают свойства каждой фазы композиционного материала (КМ), их



Микроуровневый подход для определения свойств многофазных материалов



Программный комплекс Digimat

объемное или массовое содержание и микроструктура (форма фаз и их ориентация). Digimat строит математическую модель материала на микроуровне, чувствительную к свойствам каждой фазы и его микроструктуре, после чего определяет требуемые механические, тепловые или электрические характеристики многофазного материала. Возможности программного комплекса обеспечивают моделирование широкого спектра многофазных материалов и ис-

пользование комплексного подхода в разработке композитных конструкций: от технологии изготовления до конечных характеристик конструкции. Реализованный в Digimat микроуровневый подход делает его востребованным всеми специалистами, связанными с КМ или композитными конструкциями. Это могут быть разработчики композиционных материалов, специалисты по статической или динамической прочности композитных конструкций, материалоло-

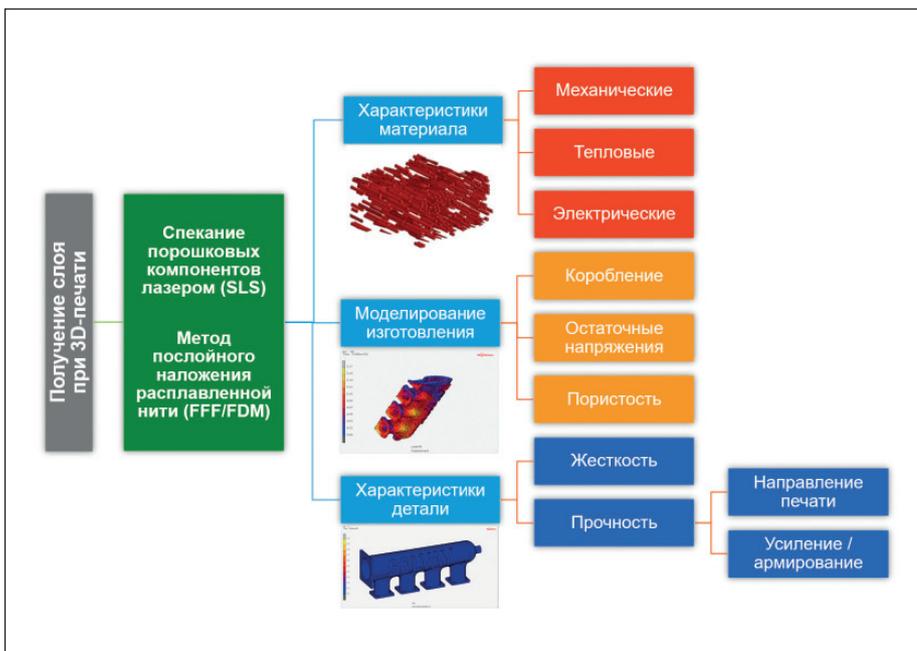
веды, занимающиеся испытаниями слоистых КМ, или технологи, связанные с изготовлением композитных деталей методами литья под давлением и 3D-печати. Digimat имеет модульную структуру и в настоящее время состоит из девяти модулей (Digimat-MF, -FE, -MX, -MAP, -CAE, -RP, -HC, -VA, -AM), которые взаимосвязаны и логически дополняют друг друга.

Digimat Additive Manufacturing основывается на получивших заслуженное признание решениях программного комплекса Digimat в области нелинейного многоуровневого моделирования композиционных материалов и представляет собой уникальное сочетание инструментов, которые охватывают все направления, связанные с аддитивными технологиями:

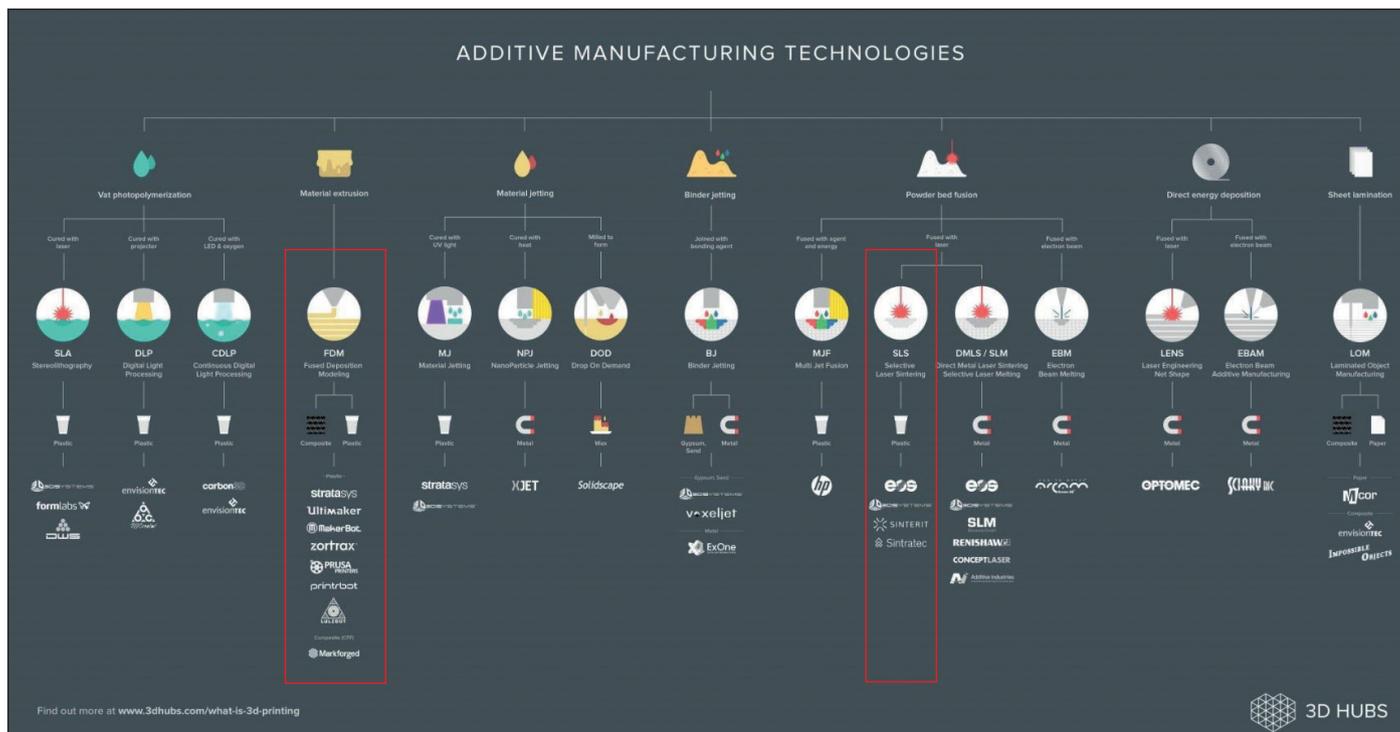
- точное определение механических, тепловых и электрических свойств материала на основе характеристик фаз и его микроструктуры;
- моделирование изготовления детали методом 3D-печати для определения коробления, остаточных напряжений и пористости;
- расчет детали на прочность и жесткость с учетом микроструктуры и возможных дефектов в ней после изготовления с целью оценки полученных характеристик конструкции заданным требованиям. Это позволяет при необходимости оперативно внести требуемые изменения в конструкцию. Например, с помощью дополнительного армирования или путем выбора оптимальных параметров печати (другого направления и т.д.).

На сегодня из всего множества существующих в мире технологий 3D-печати Digimat Additive Manufacturing поддерживает две: SLS-технологию (спекание порошковых компонентов лазером) и FFF/FDM-технологии (метод наплавления нити / метод послойного наплавления). Эти технологии являются наиболее перспективными для промышленного производства "силовых" деталей из полимерных композиционных материалов, которые должны "нести" нагрузку и отвечать заложенным характеристикам по прочности и жесткости.

Для виртуальной разработки детали, которую планируется изготовить методом 3D-печати, требуется точное определение характеристик материала на каждом из уровней моделирования процесса изготовления. Например, при использовании FFF/FDM-технологии изготовления мы можем выделить макро-, мезо-



Комплексное решение Digimat Additive Manufacturing



Поддерживаемые Digimat Additive Manufacturing технологии 3D-печати

и микроуровень. На макроуровне у нас есть опора, плотная структура и решетчатая (lattice) структура. Спускаясь на уровень ниже, можно видеть, что свойства решетчатой структуры во многом определяются ее геометрией и выбранным материалом. Свойства основной плотной структуры связаны не только со стратегией расположения слоев при 3D-печати (однаправленная укладка

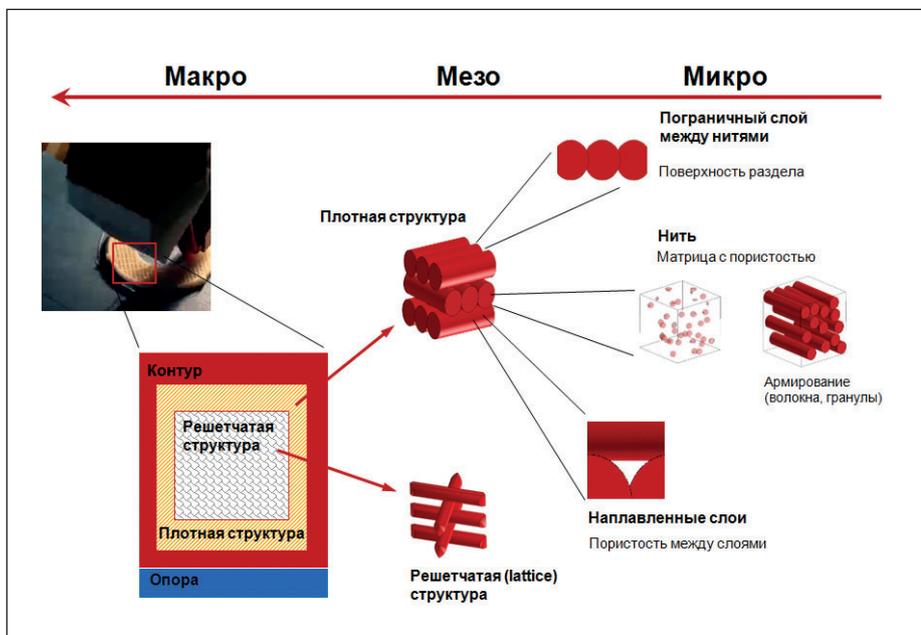
слоев, укладка 0/45 градусов или квази-зотропная укладка 0/90 градусов), но и со множеством параметров уже на микроуровне. К таким параметрам можно отнести пористость между слоями, которая зависит от технологии наложения нитей, пористость на уровне одного слоя, которая определяется технологическими параметрами укладки слоя и формы нити после спекания. Наконец,

свойства самой нити будут зависеть от характеристик матрицы, армирующих волокон, возможной в ней микропористости, микроструктуры композиционного материала нити (ориентации армирующих волокон).

Можно констатировать, что при моделировании аддитивных технологий для точного определения свойств необходимо многоуровневое моделирование материала: от моделирования свойств одной нити на микроуровне к свойствам плотной и решетчатой структуры на мезоуровне, а затем к характеристикам детали на макроуровне. За точное определение характеристик композиционного материала на каждом из уровней моделирования 3D-печати отвечают модули Digimat-MF, -FE и -MX. Это первый блок платформы Digimat Additive Manufacturing.

Следующий блок отвечает за моделирование изготовления детали из КМ методом 3D-печати. Эту задачу решает модуль Digimat-AM, который появился в Digimat 2017.1.

Digimat-AM позволяет определить коробление и остаточные напряжения, возникающие при 3D-печати детали в зависимости от технологических параметров процесса, стратегии печати и выбранного материала. Модуль поддерживает моделирование полного цикла изготовления деталей из однородных и ар-



Точное моделирование в Digimat материала на макро-, мезо- и микроуровне



Рабочий процесс моделирования 3D-печати в модуле Digimat-AM

мированных пластиков с помощью SLS- и FFF/FDM-технологий: 3D-печать, удаление опоры и охлаждение детали.

Моделирование процесса 3D-печати выполняется в дружественном интерфейсе модуля Digimat-AM и включает в себя несколько этапов: подготовку рабочего процесса изготовления, виртуальное конечно-элементное (КЭ) моделирование послойного изготовления детали и анализ полученных результатов.

При подготовке рабочего процесса пользователь вводит исходные данные (загружает начальную геометрию детали, выбирает стандартный материал из базы данных или задает свойства собственного композиционного материала, задает технологию изготовления – SLS или FFF/FDM), а также определяет технологические параметры изготовления: путь инструмента, параметры процесса, ориентацию детали и т.д. Далее на импортированной модели автоматически строится 3D Voxel (воксельная) сетка выбранного размера. После подготовки рабочего процесса изготовления запускается виртуальное моделирование процесса печати.

Процесс печати производится с помощью встроенного в Digimat-AM нелинейного КЭ-решателя Marc, в котором моделируется послойное выращивание детали с использованием воксельной

конечно-элементной сетки. Для расчета коробления детали, деформаций и напряжений используется метод собственных деформаций (Inherent strains). Идея метода заключается в том, что при создании каждого слоя конечных элементов, моделирующих 3D-печать, добавляются элементы с уже заложенными в них собственными деформациями. Значение этих собственных деформаций в создаваемых элементах зависит от выбранного материала, технологии 3D-печати и технологических параметров изготовления.

Digmat-AM предоставляет пользователю возможность задать значения Inherent strains вручную или же позволить модулю определить их самостоятельно. В случае автоматического определения Inherent strains задача моделирования решается в два этапа. На первом этапе Digimat-AM на микроуровне для небольшого объема материала моделирует технологический процесс послойного изготовления с учетом свойств материала, технологических параметров и стратегии изготовления, после чего из результатов моделирования определяет Inherent strains. При этом происходит решение связанной термпрочностной задачи в динамике с учетом вынужденной конвекции, теплопроводности и излучения с учетом температурнозависимых

механических и тепловых характеристик каждой фазы композиционного материала. На втором этапе Digimat-AM использует высчитанные Inherent strains на макроуровне для моделирования печати уже всей детали.

Пользователь выбирает стратегию задания Inherent strains (автоматическое определение в модуле или задание вручную) и запускает процесс КЭ-моделирования послойного изготовления детали.

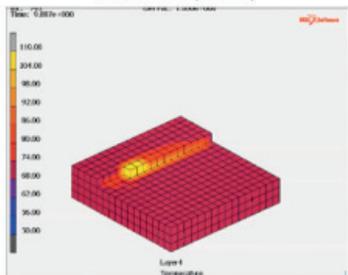
Результатом моделирования являются искаженная форма детали после 3D-печати, остаточные напряжения и деформации, которые могут быть переданы в КЭ-модель для расчета конструкции на прочность или жесткость.

Полученная при моделировании искаженная геометрия детали может быть впоследствии использована для нахождения начальной оптимально деформированной формы с целью компенсации искажения формы (коробления) после физического изготовления.

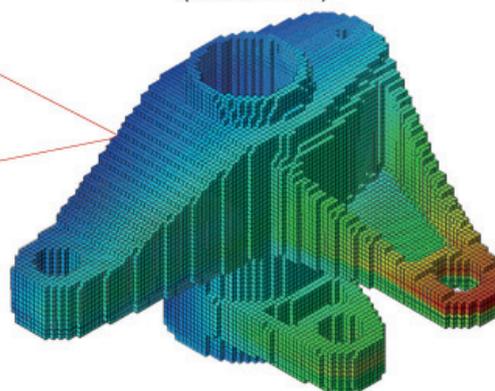
И, наконец, третье направление платформы Digimat Additive Manufacturing – это расчет конструкции, полученной методом 3D-печати, на прочность и/или жесткость с учетом микроструктуры в ней после изготовления.

В общем случае пользователям недостаточно лишь напечатать деталь – их больше интересует, чтобы она также соответ-

Представительный элемент объема (RVE)



КЭ-модель детали (Voxel-сетка)



**Этап 1** - моделирование процесса изготовления RVE для вычисления начальных деформаций в зависимости от материала, технологических параметров и стратегии изготовления

- Решение связанной термпрочностной задачи в динамике (вынужденная конвекция, теплопроводность, излучение...)
- Характеристики материала:
  - температурнозависимые механические характеристики для каждой фазы материала (модуль упругости, удельный объем, КТЛР);
  - температурнозависимые тепловые характеристики для каждой фазы материала (удельная теплоемкость, теплопроводность);
  - температура плавления и температура кристаллизации матрицы;
  - коэффициент излучения материала.

**Этап 2** - перенос начальных деформаций с RVE на КЭ-модель детали для моделирования 3D-печати детали

Двухэтапный подход при моделировании процесса 3D-печати

ствовала заявленным требованиям по прочности и жесткости. Эта задача решается с помощью связанного КЭ-анализа с моделью материала Digimat на микроуровне. Полученные после моделирования 3D-печати остаточные напряжения и микроструктура передаются на КЭ-сетку для структурного анализа. Парал-

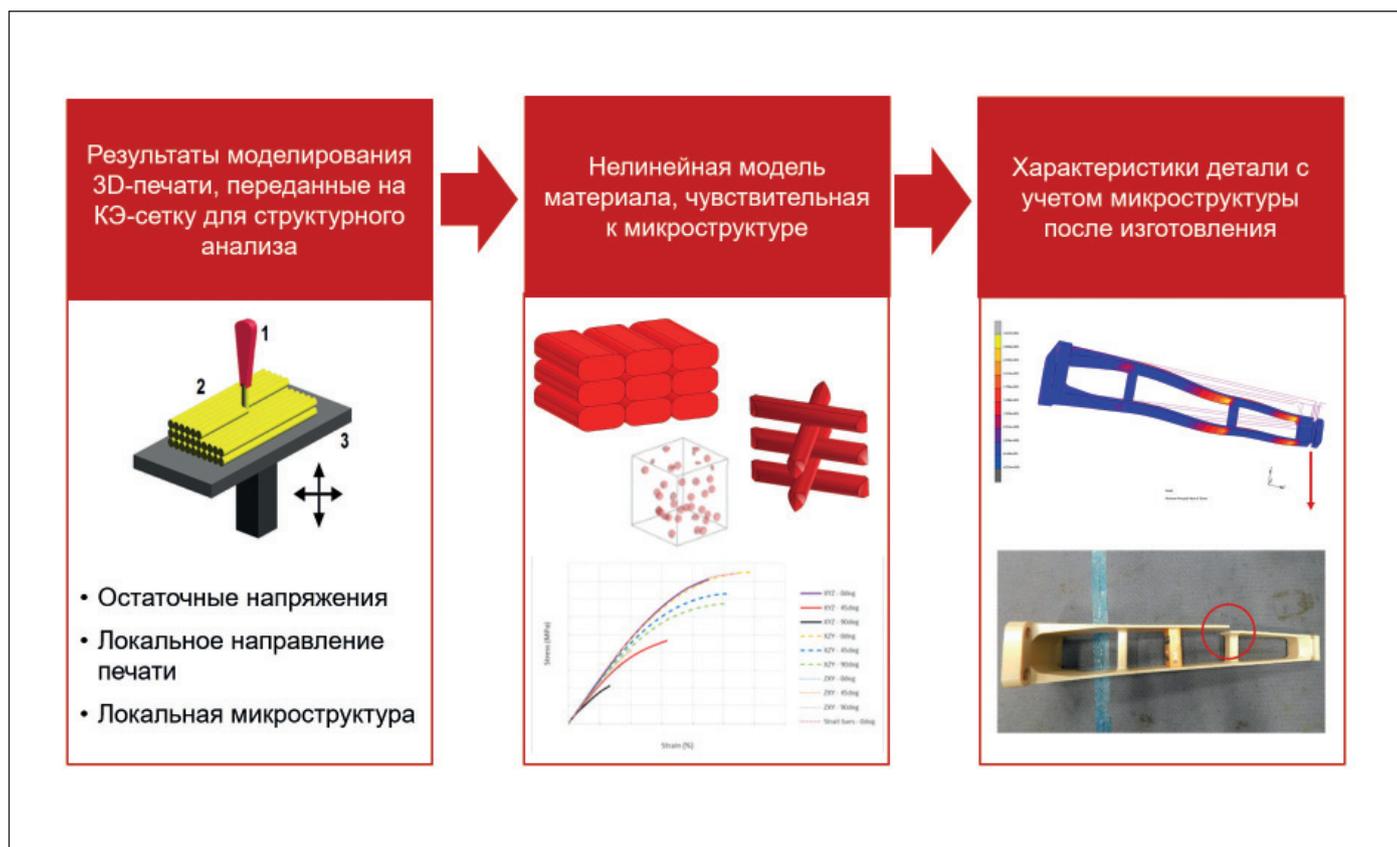
ельно с этим строится нелинейная анизотропная модель материала, чувствительная к микроструктуре после изготовления, которая и используется для связанного КЭ-анализа конструкции. За возможность проведения связанного КЭ-анализа конструкции с учетом микроструктуры после 3D-печати отвечают модули Digimat-CAE и -MAP.

Digimat Additive Manufacturing работает как единая платформа (экосистема) для тесного и эффективного взаимодействия поставщиков материалов, разработчиков 3D-принтеров, специалистов отделов НИОКР и конечных пользователей. Каждое из направлений платформы охватывает свою группу задач при работе с аддитивными технологиями.



Источник: STRATASYS

Пример минимизации коробления детали при 3D-печати



Рабочий процесс расчета конструкции с учетом микроструктуры в ней после 3D-печати

### Направление "Материалы"

- Разработка новых композиционных материалов для аддитивных технологий, с требуемыми нелинейными анизотропными характеристиками (механическими, тепловыми и электрическими).
- Использование и обмен общими данными по материалам между производителями КМ, разработчиками 3D-принтеров и конечными пользователями.
- Точное определение свойств КМ (от микро- до макроуровня) для моделирования процесса 3D-печати и связанного КЭ-расчета с учетом микроструктуры после изготовления.

Реализовано с помощью модулей **Digmat-MF, -FE, -MX.**

### Направление "Технологические процессы"

- Моделирование изготовления детали с помощью аддитивных технологий.
- Определение возможных проблем в конструкции (коробление и остаточные напряжения) до начала физического изготовления детали.
- Оптимизация технологии 3D-печати: подбор скомпенсированной геометрии

для печати, оптимального материала и технологических параметров изготовления.

- Обмен данными между разработчиком 3D-принтера и конечным пользователем.

Реализовано с помощью модуля **Digmat-AM.**

### Направление "Характеристики детали"

- Определение характеристик (прочность и жесткость) детали, получаемой методом 3D-печати, с учетом микроструктуры в детали после изготовления.
- Подбор оптимального материала и технологических параметров изготовления.
- Оптимизация конструкции (усиление армированием или использование "решетчатой" структуры в "нагруженных" местах).

Реализовано с помощью модулей **Digmat-RP, -CAE и -MAP.**

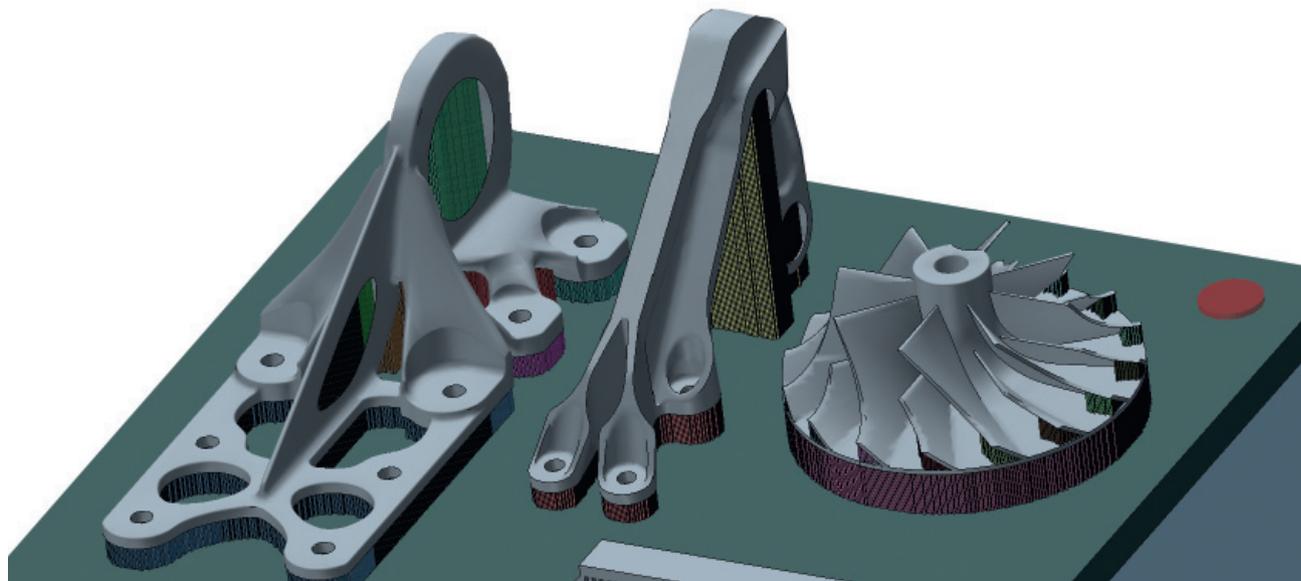
В конце ноября 2017 года вышла новая версия – **Digmat 2018.0**, которая обладает новыми возможностями для работы с аддитивными технологиями:

- определение характеристик различных видов решетчатых структур в модуле **Digmat-FE**;
- более точное моделирование 3D-печати в **Digmat-AM** (разрушение опор, проектирование анкерных креплений, решение тепловой задачи на макроуровне при моделировании печати всей детали);
- выполнение в модуле **Digmat-RP** расчета на прочность детали после 3D-печати.

Дополнительную информацию о программном комплексе **Digmat** и его возможностях для аддитивных технологий можно получить в ООО "Эм-Эс-Си Софтвэр РУС" или на сайтах корпорации:

- [www.e-xstream.com](http://www.e-xstream.com) (сайт разработчика **Digmat** – компании e-Xstream engineering);
- [www.mscsoftware.com](http://www.mscsoftware.com) (корпоративный сайт MSC Software);
- [www.mscsoftware.ru](http://www.mscsoftware.ru) (русский сайт MSC Software).

*Алексей Гонтюк  
ООО "Эм-Эс-Си Софтвэр РУС"  
(Москва)*



## РЕШЕНИЯ КОРПОРАЦИИ MSC SOFTWARE ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПЕЧАТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ

Использование 3D-печати в промышленности — это технологии будущего, которое на наших глазах становится настоящим. Если раньше мировой рынок аддитивных технологий был в основном сосредоточен на прототипировании и быстром создании оснастки, то теперь происходит внедрение технологий быстрого проектирования и создания точных деталей методом 3D-печати для их массового производства. Это быстро растущее и перспективное направление. Ключевые отрасли применения аддитивных технологий — выпуск товаров народного потребления, производство двигателей, медицина, автомобилестроение, а также аэрокосмос.

3D-принтеры позволяют создавать детали, которые невозможно изготовить другими способами. К плюсам аддитивных технологий следует также отнести возможность создания сложных сборок без необходимости соединять друг с другом множество частей. Преимущества аддитивного производства достигаются благодаря возможности создания более легких деталей из меньшего количества материала, с меньшим количеством отходов и меньшими затратами энергии. Кроме того, отсутствует необходимость в дополнительном оборудовании.

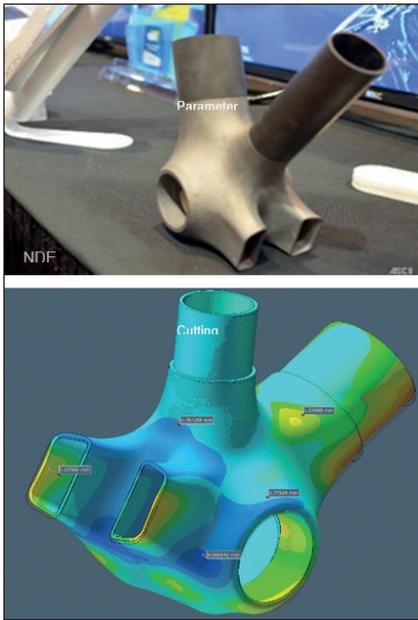
Несмотря на безусловные достоинства этой технологии, существующие промышленные системы 3D-печати имеют и явные недостатки. В первую очередь это коробление детали при печати, что становится причиной искажения ее формы и превышения допусков на размеры. Кроме того, в процессе печати в детали могут возникать большие напряжения и деформации, следствием которых становятся трещины, отрыв поддержек и другие проблемы вплоть до разрушения детали непосредственно в процессе производства. Есть вопросы к качеству поверхности деталей (в том числе по наличию дефектов и пор), невысока производительность процесса — печать может продолжаться десятки часов. Существуют проблемы, связанные с воспроизводимостью процесса, прочностью и долговечностью напечатанных деталей. Кроме того, надо принимать во внимание множество факторов, влияющих на результат, небольшой опыт практического использования, а также высокую стоимость порошков и самих промышленных 3D-принтеров.

Тем не менее, многие из этих недостатков могут быть нивелированы при использовании компьютерного моделирования, которое позволяет быстро и с ма-

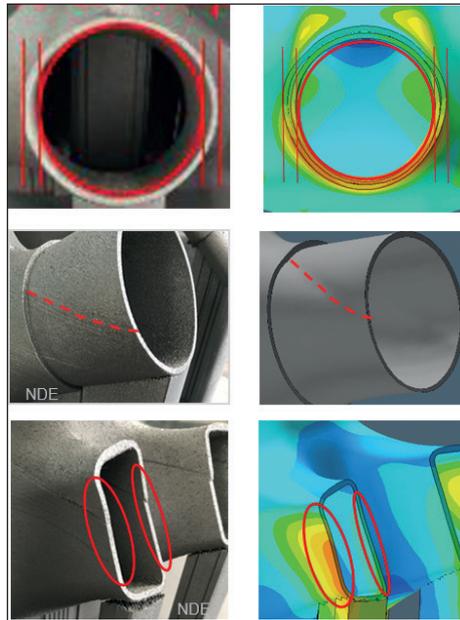
лыми затратами проводить виртуальную обработку технологических процессов. Комбинация расчетных и экспериментальных методов позволяет расширить область применения аддитивных технологий в промышленности. В первую очередь это быстрое создание опытных образцов и производство деталей малыми партиями, а также производство деталей сложной формы, которые невозможно изготовить другими способами.

Исследование различных вариантов технологического процесса только на реальном оборудовании имеет ряд недостатков. Это невозможность варьировать параметры принтера в широком диапазоне, большой расход времени и энергии. Как результат, оптимизация существующих производственных процессов и внедрение в производство новых видов продукции оказываются очень затратными.

Серьезно сократить объем необходимых вложений помогает компьютерное моделирование. Этот подход позволяет численно смоделировать нужный процесс и подобрать оптимальные параметры еще на этапе проектирования изделия. Для моделирования технологических процессов наиболее эффективно специализированное программное обеспечение. Корпорация MSC Software предла-



Деталь велосипеда, созданная методом 3D-печати (материал – титан)



Проблемы при 3D-печати тонкостенных конструкций: овальность, потеря устойчивости, коробление и трещины

Таким образом, используя компьютерное моделирование, можно до начала реального изготовления изделия подобрать оптимальное направление печати и оптимизировать форму поддерживающей структуры. Кроме того, мы можем минимизировать деформации и остаточные напряжения в детали, уменьшить искажение ее формы (или вообще избежать такого искажения), а следовательно с первой же попытки производить детали с требуемой точностью. Дальнейшее развитие расчетных технологий в Simufact Additive позволит моделировать процессы еще более углубленно, прогнозируя механические свойства материала после печати, его плотность, наличие пор, шероховатость поверхности, непервое и другие особенности.

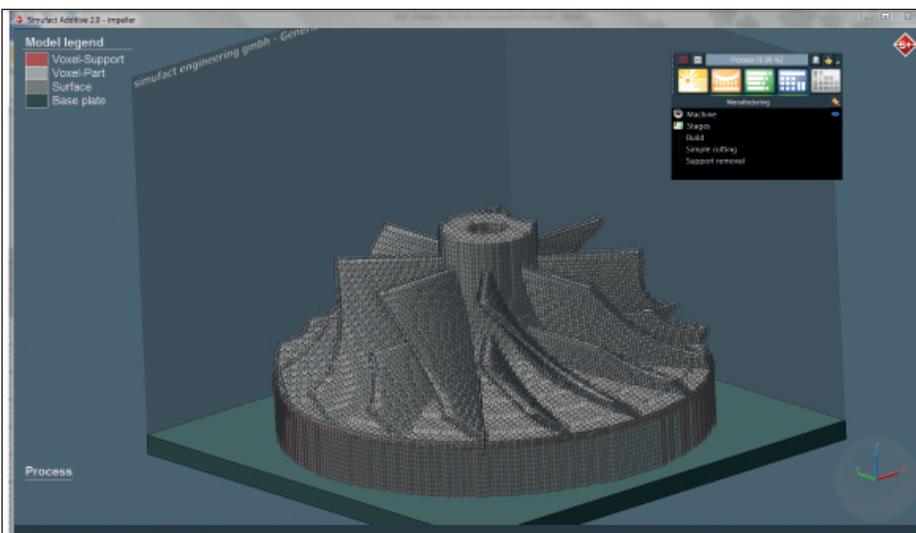
Компьютерное моделирование промышленных аддитивных технологий хорошо интегрируется с общей линейкой технологий MSC Software. Процесс проектирования может начинаться с топологической оптимизации в MSC Nastran – пользователь получит форму детали, оптимальную с точки зрения прочности. При этом нет необходимости учитывать ограничения, накладываемые традиционными способами производства. Затем в пакете Simufact Additive моделируется сам процесс 3D-печати металлической детали. После этого можно промоделировать процесс термообработки, необходимой для снятия внутренних напряжений. Следующим этапом моделируются обрезка и удаление опорной пластины, удаление поддерживающей структуры. При необходимости моделируется процесс горячего изостатического прессования (HIP). Результаты могут на любой стадии передаваться в другие пакеты MSC Software: например, в пакет Magc, чтобы выполнить анализ прочности с учетом остаточных деформаций в детали, и в MSC Fatigue – чтобы спрогнозировать долговечность. По результатам расчета можно в любой момент и на любом этапе определить коробление, напряжения и деформации в любой точке и в любом сечении детали.

В настоящее время в Simufact Additive реализованы различные подходы для компьютерного моделирования технологий 3D-печати. Можно выполнить полностью связанный тепло-прочностной расчет или же только тепловой либо прочностной расчет.

Наиболее быстрым и эффективным является последний вариант. Моделируется послойное выращивание детали с использованием воксельной конечно-элемент-

гает пакет **Simufact Additive**, предназначенный для моделирования аддитивных технологий методом расплавления материала в заранее сформированном слое (Powder Bed Fusion), включая процессы селективного лазерного плавления (SLM) и электронно-лучевого плавления (EBM).

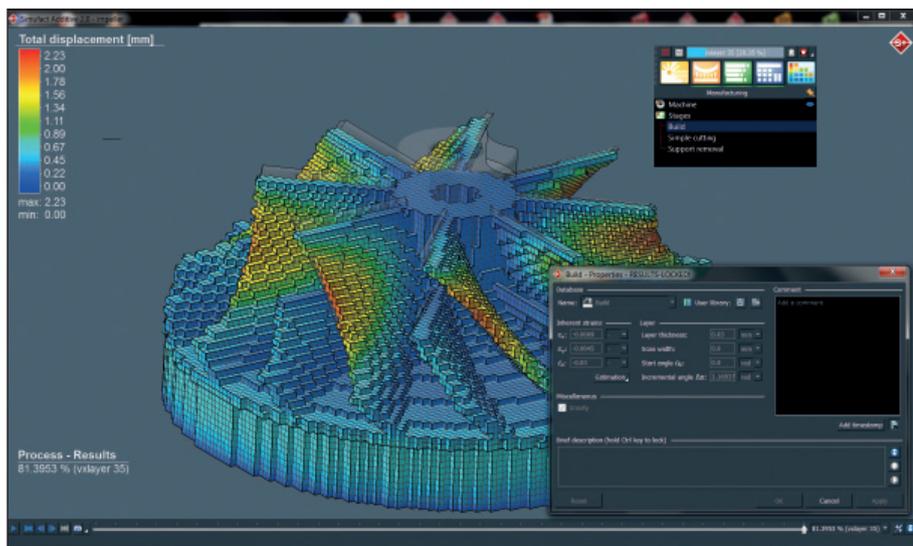
Simufact Additive позволяет выполнять проработку и оптимизацию технологического процесса печати на 3D-принтерах. Этот пакет дает возможность вычислять деформации в детали, а также определять ее состояние после термической обработки, удаления опорной пластины и поддерживающей структуры.



Расчетная модель со специальной воксельной сеткой



Место Simufact Additive в цепочке технологий MSC Software



Коробление детали, рассчитанное методом Inherent strains

ной (КЭ) сетки. Для расчета короблений, напряжений и деформаций используется метод собственных деформаций (Inherent strains). Его особенность заключена в том, что при создании каждого слоя КЭ в расчетной модели добавляются элементы сужеными в них собственными деформациями. Метод является полуаналитическим и требует проведения калибровки, в ходе которой выполняется печать на 3D-принтере консольных балок, их частичная обрезка от опорной пластины, а затем измерение вертикальных перемещений на концах балок. Замеренные перемещения заносятся в Simufact Additive и по этим данным производится калибровка Inherent strains.

Использование в Simufact Additive метода собственных деформаций позволяет сократить время моделирования процесса 3D-печати до нескольких десятков минут. По ряду задач для расчета требуется меньше 10 минут! Таким образом, существует возможность оперативно исследовать влияние различных параметров 3D-принтера на коробление детали. Это могут быть различные настройки самого принтера, ориентация детали в принтере (вертикальная, горизонтальная, под различным наклоном), направление и параметры обрезки детали от

опорной пластины и последовательность удаления поддерживающих структур, конфигурация и свойства поддерживающей структуры с учетом ее анизотропии и различной плотности.

Эффективным способом применения Simufact Additive является моделирование с использованием приема компенсации искажений формы. На первом этапе моделируется процесс печати исходной идеальной модели. В результате получается деталь со значительными отклонениями от идеальной формы из-за деформаций, появившихся в процессе 3D-печати. Далее производится экспорт искаженной формы детали, но с отклонениями в противоположную сторону (с множителем "минус один" по деформациям). На втором этапе моделируется процесс печати этой измененной модели и получается изделие с практически идеальной формой.

В заключение хотелось бы отметить основные преимущества пакета Simufact Additive:

- новая концепция интуитивно понятного, легкого в изучении и использовании графического интерфейса позволяет освоить пакет менее чем за один день;
- быстрое проведение расчетов на настольных компьютерах и даже на но-

утбуках не требует облачных решений и обеспечивает безопасность работы, что особенно актуально для оборонной отрасли, а также для автомобилестроения и аэрокосмоса;

- отсутствует необходимость в специальном оборудовании, таком как графические карты, кластеры и т.д.: пакет работает на обычных компьютерах;
- Simufact Additive – масштабируемое решение, позволяющее выбирать между быстрым расчетом для решения основных проблем и подробным исследованием для глубокого изучения задачи;
- воксельные КЭ-сетки (включая КЭ-сетку на поддерживающей структуре) быстро создаются на деталях любой сложности;
- поддерживаются возможность генерации различных вариантов поддерживающей структуры и учет ее анизотропных свойств.

Компьютерное моделирование в Simufact Additive охватывает всю производственную цепочку вплоть до конечного результата, а не один только процесс 3D-печати.

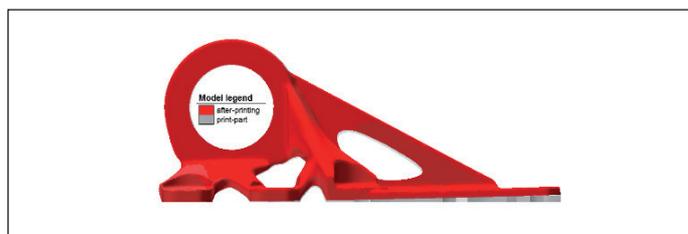
Пакет базируется на современных и надежных технологиях, используемых в качестве решателя Magc – лидирующую систему компьютерного инженерного анализа нелинейных процессов.

Корпорация MSC Software установила партнерские отношения с производителем 3D-принтеров, компанией Renishaw, поддерживает постоянные контакты с ведущими немецкими производителями 3D-принтеров.

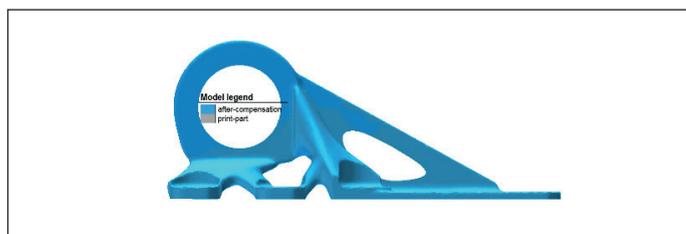
Партнерство с компанией MRL (Material Resources Ltd.) предоставит возможность прогнозировать микроструктуру материалов.

Партнерство с компанией Materialize (Materialise Magics) расширит способы создания эффективных поддерживающих структур.

*Эдуард Князев*  
**ООО "Эм-Эс-Си Софтвэр Рус"**  
 (подразделение MSC Software Corporation  
 в России и странах СНГ)



Значительные отклонения формы полученного изделия от идеальной (первый этап моделирования)



Результат моделирования с использованием приема компенсации искажений формы (в результате получается практически идеальная форма изделия)

# РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЖИЗНИ



# PoligonSoft

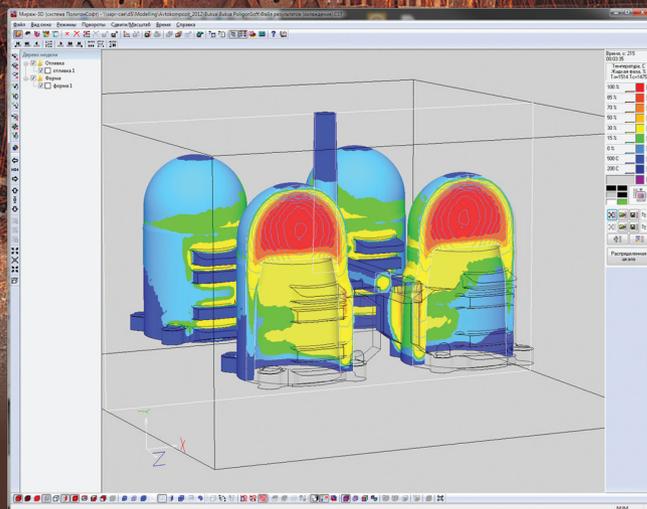
## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЛИТЕЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ПолигонСофт 15

**СКМ ЛП "ПолигонСофт" анализирует:**

- ▶ БОЛЬШИНСТВО ЛИТЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
- ▶ ГЕОМЕТРИЮ ЛЮБОГО УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ
- ▶ ПРОЛИВАЕМОСТЬ ФОРМЫ
- ▶ ЗАТВЕРДЕВАНИЕ
- ▶ РАКОВИНЫ И ПОРИСТОСТЬ
- ▶ ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ
- ▶ КОРОБЛЕНИЕ И РАЗРУШЕНИЕ

**СКМ ЛП "ПолигонСофт" используется в:**

- ▶ АВИАЦИИ
- ▶ КОСМОСЕ
- ▶ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ
- ▶ ОБОРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
- ▶ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
- ▶ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ
- ▶ ВАГОНОСТРОЕНИИ



*Визуализация технологического процесса  
в СКМ ЛП "ПолигонСофт"*

[www.poligonsoft.ru](http://www.poligonsoft.ru)



## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫМИ ДАННЫМИ О ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

Современным предприятиям необходимо соответствовать требованиям рынка и при этом завершать проекты в кратчайшие сроки. Компании непрерывно выводят на рынок новые, всё более инновационные продукты, что заставляет конкурентов участвовать в технологической гонке для сохранения своей доли рынка. Для предприятий приборостроительной отрасли это особенно актуально. Здесь одной из составляющих успеха в конкурентной борьбе является эффективное взаимодействие между разработчиками печатных плат. Но возрастающая сложность задач, "ручное" выполнение рабочих процессов и частое внесение изменений повышают риски внедрения печатных плат в новые изделия.

Процесс разработки печатных плат требует своевременного взаимодействия между различными проектными отделами и передачи корректных данных в производство. Разобщенность проектных данных приводит к задержкам на стадии производства или, что еще хуже, к неправильному функционированию устройства, что неизбежно означает низкую эффективность продукта.

Прежде всего взглянем на причины проблем, связанных с расходами и задержками. Компанией Aberdeen Group было проведено исследование [1], в котором приняли участие 187 предприятий-разработчиков печатных плат. Каждое предприятие указывало свои основные проблемы управления данными о печатных платах (рис. 1).

Исследователи разделили предприятия, участвовавшие в опросе, на две группы: "Лучшие в своем классе" и "Все остальные". Критериев разделения было несколько: достижение планируемой стоимости и качества готового изделия, своевременность выполнения проектов

и др. Исследование показало, что лучшие в своем классе чаще конкурентов используют единый источник данных, синхронизацию проекта схемы/платы с составом изделия (Bill of Materials – BOM), доступ к данным на основе роли пользователя и т.д. (таблица 1).

Чтобы успешно управлять данными о платах, предприятия внедряют различные решения: системы PLM, PDM, собственные разработки и т.п. Однако исследование показывает, что предприятия, признанные лучшими в своем классе, на 50% чаще используют системы управления жизненным циклом изделия (Product Life cycle Management – PLM). Teamcenter®, наиболее широко распро-

страненная в мире PLM-система от компании Siemens PLM Software, предоставляет функционал, который позволяет управлять различными типами данных, описывающих изделие на всех стадиях его жизненного цикла. Teamcenter является универсальной системой, поскольку она обеспечивает работу как с данными CAD/CAM/CAE, так и с данными средств проектирования электронных схем, таких как Altium Designer, Cadence OrCAD, Mentor PADS и Expedition. Продемонстрируем возможности и преимущества управления данными о печатных платах с помощью системы PLM на примере интеграции Teamcenter с PADS [2].

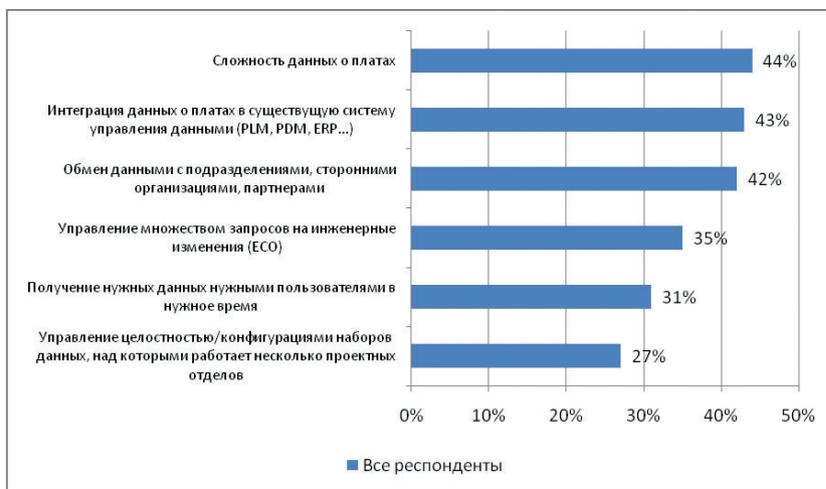


Рис. 1. Проблемные области управления данными о печатных платах

Таблица 1. Управление данными о печатных платах

Показатель	Лучшие в своем классе	Все остальные
Синхронизация проекта схемы и платы	95%	77%
Доступ к данным на основе ролей	81%	58%
Синхронизация проекта схемы и состава изделия	76%	57%
Единый источник данных проекта платы	65%	57%
Контроль версий каждого элемента данных о плате	57%	40%

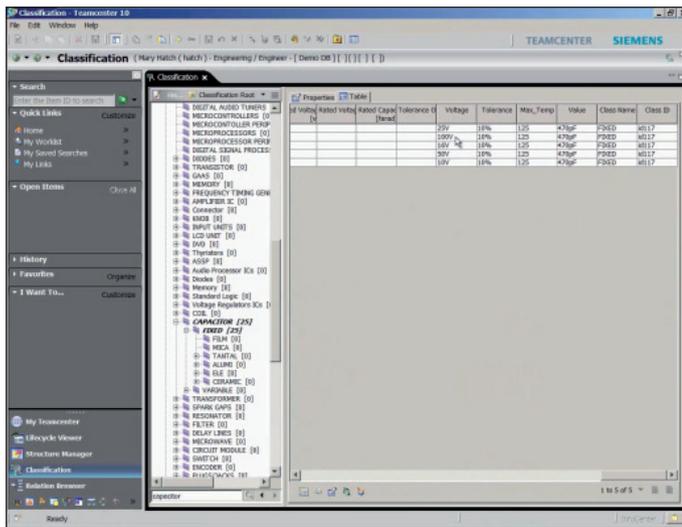


Рис. 2. Управление библиотекой Teamcenter обеспечивает использование проверенных данных

Команды Teamcenter встраиваются непосредственно в графический интерфейс PADS, что позволяет пользователю автоматически выполнять вход в Teamcenter, открывать, сохранять и блокировать проектные данные.

Интеграция Teamcenter и PADS обеспечивает проектировщикам возможность импортировать и экспортировать данные библиотеки компонентов, управлять этими данными, а также получать доступ к данным о плате, управлять ими и создавать архивы данных в едином защищенном источнике. На уровне предприятия интеграция позволяет распределенным группам разработчиков печатных плат управлять проектными данными, вносить изменения на протяжении всего жизненного цикла изделия и, как следствие, уменьшить количество повторных исправлений. На уровне пользователя интеграция с Teamcenter поддерживает возможность открывать и сохранять "родные" проектные документы PADS, получать доступ к проверенным компонентам, управлять покупными изделиями, взаимодействовать с проектировщиками механической части изделия, создавать файлы визуального представления, передавать данные по изготовлению и сборке подрядчикам, а также создавать составы изделий, содержащие как механические, так и электронные компоненты.

Когда процессы управления проектами ECAD и библиотекой компонентов переходят под контроль Teamcenter, их можно интегрировать в процессы электронного согласования документов и управления изменениями. Благодаря управлению данными о компонентах (рис. 2) разработчики печатных плат могут сократить

количество дубликатов, избежать использования устаревших или неутвержденных деталей и осуществлять закупки только у проверенных поставщиков.

Интеграция с Teamcenter обеспечивает множеству проектировщиков работу с гарантированно точными проектными данными — благодаря использованию обменных форматов IDF и IDX (EDMD). Эти форматы позволяют передавать информацию о контуре платы, расположении компонентов и зонах запрета размещения объектов. Управляемый Teamcenter формат IDX поддерживает передачу проектных изменений, возможность принятия этих изменений или отказа от них проектировщиками механической и электронной частей изделия, а также внесения замечаний и комментариев в передаваемую информацию. Инженеры электронной части изделия могут передавать 2,5D/3D-элементы инженерно-механикам для проведения различных типов инженерного анализа: проверки на пересечения, анализа теплопередачи, вибраций, ударных воздействий, воздействия пыли и влаги. Передача данных для проведения подобных междисциплинарных исследований позволяет повысить качество и надежность изделия.

Для быстрого выявления проблем, которые могут возникнуть на этапе изготовления, пользователи могут внедрить опциональные инструменты проверки изделия на собираемость (рис. 3) и мощные средства просмотра данных ECAD. Это позволит снизить процент брака и избежать повторных работ. Инструменты графической навигации в средствах просмотра данных ECAD позволя-

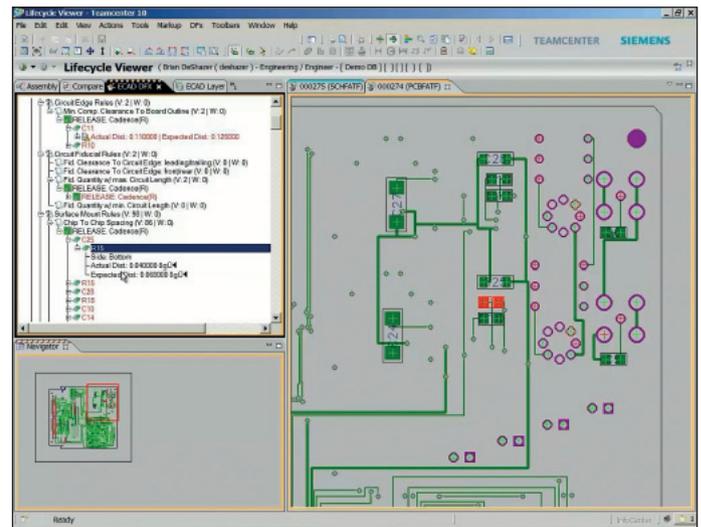


Рис. 3. Проверка платы на собираемость, выполняемая на ранней стадии проектирования

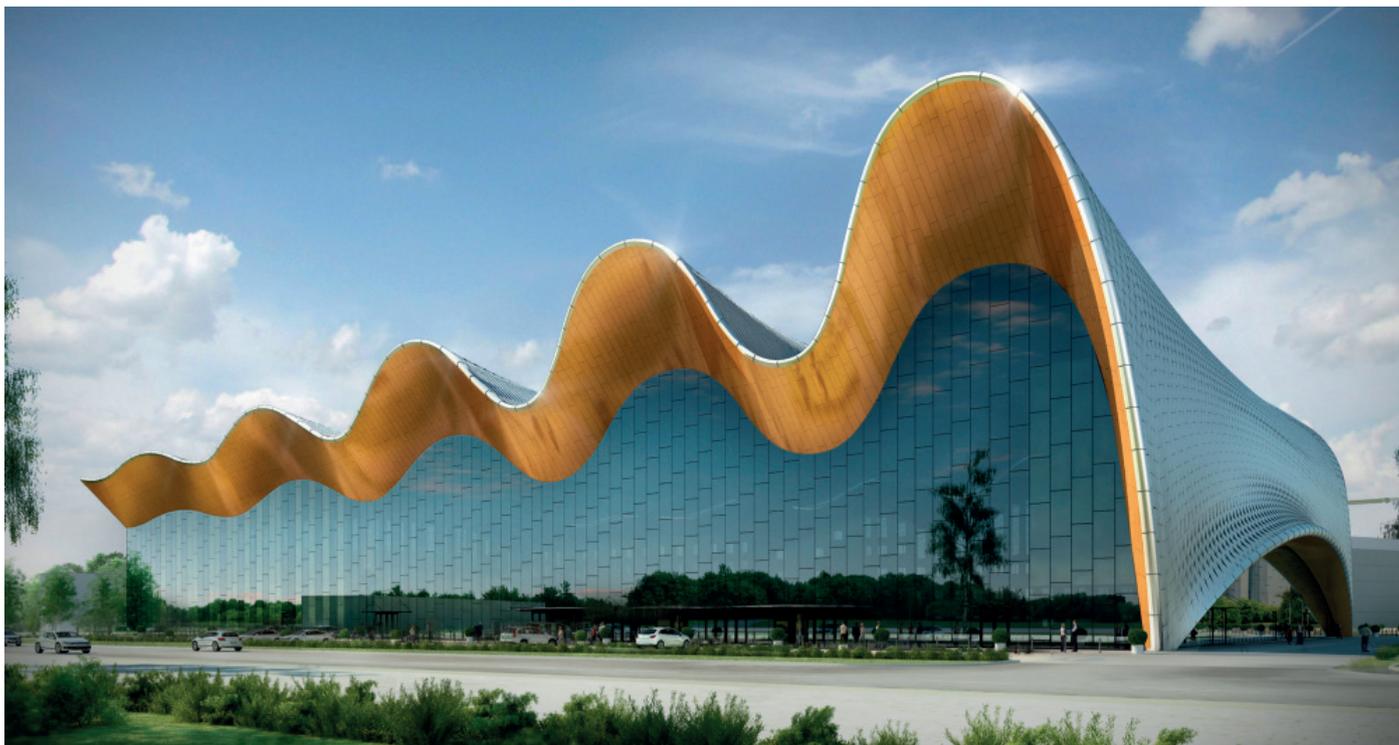
ют проектным отделам и поставщикам просматривать и анализировать в интерактивном режиме проекты схемы и платы, вносить в них замечания.

Таким образом, интеграция Teamcenter и PADS предоставляет пользователям мощные инструменты управления данными. Аппаратное и программное обеспечение печатных плат можно связать с конкретными требованиями к проекту, обеспечить возможность их отслеживания на протяжении всего жизненного цикла печатной платы.

### Литература

1. PCB data management: how industry leaders are managing their data. Отчет об исследовании, проведенном компанией Aberdeen Group: <http://www.aberdeen.com/research/11017/11017-rr-pcb-data-management/content.aspx>.
2. Teamcenter Integration for Mentor Graphics PADS. Техническая публикация компании Siemens PLM Software: [https://www.plm.automation.siemens.com/ru/products/teamcenter/design-data-management/ecad.shtml#lightview?url=/ru\\_ru/Images/Siemens-PLM-Teamcenter-Integration-Mentor-Graphics-PADS-fs\\_tcm802-82727.pdf%26title=Teamcenter%20Integration%20for%20Mentor%20Graphics%20PADS%26description=Integrating%20PADS%20printed%20circuit%20board%20design%20into%20your%20Teamcenter%20PLM%20environment%26docType=pdf](https://www.plm.automation.siemens.com/ru/products/teamcenter/design-data-management/ecad.shtml#lightview?url=/ru_ru/Images/Siemens-PLM-Teamcenter-Integration-Mentor-Graphics-PADS-fs_tcm802-82727.pdf%26title=Teamcenter%20Integration%20for%20Mentor%20Graphics%20PADS%26description=Integrating%20PADS%20printed%20circuit%20board%20design%20into%20your%20Teamcenter%20PLM%20environment%26docType=pdf).

**Павел Демидов**  
**ЗАО "Нанософт",**  
**продукт-менеджер**  
**департамента дистрибуции**  
**Тел.: (495) 645-8626**  
**E-mail: demidov@nanocad.ru**



GRAPHISOFT  
A NEMETSCHEK COMPANY

## ➤ ЦЕНТР ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКИ В ЛУЖНИКАХ – РОССИЙСКИЙ ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ OPEN BIM-ПОДХОДА

**Московское архитектурное бюро ТПО "Прайд" о своем опыте проектирования спортивного объекта – победителя всероссийского конкурса "BIM-технологии 2016".**

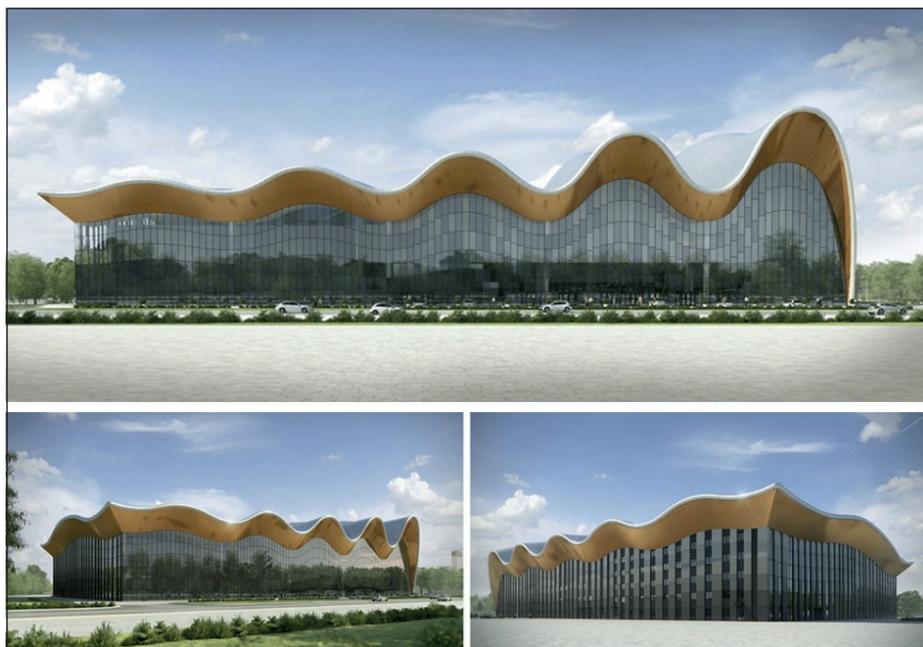
### ARCHICAD – основной инструмент архитектурного BIM-проектирования

Творческое производственное объединение "Прайд" создано в 2013 году. Основатели организации – специалисты, имеющие огромный опыт реализации крупных и технологически сложных объектов. На сегодняшний день в компании работают более 60 высококвалифицированных специалистов, в том числе 25 архитекторов. ТПО "Прайд" занимается

не только архитектурным проектированием, но и разработкой генерального плана, а также конструктивных и инженерных решений. Компания выполняет полный комплекс услуг: от создания архитектурной концепции и оценки градостроительного потенциала территории до разработки проектной и рабочей документации с прохождением экспертизы и авторским надзором.

Среди важнейших и принципиальных новшеств, которые активно используют-

ся при проектировании, – технологии информационного моделирования зданий (Building Information Modeling). Выполнение комплексных задач требует целостного BIM-решения, которое могло бы выполнять функции основного инструмента и аккумулировать результаты работы архитекторов, конструкторов, инженеров смежных специальностей. BIM-технологии помогают обеспечивать комплексный подход к проектированию, когда создаваемая на этапе кон-



Таким будет Центр художественной гимнастики Ирины Винер-Усмановой

Изображения предоставлены ТПО "Прайд", [www.prideproject.pro](http://www.prideproject.pro)

### Карточка проекта

**Объект:**  
 Центр художественной гимнастики Ирины Винер-Усмановой

**Проектировщики:**  
 ООО "Метрополис", ТПО "Прайд"

**Назначение:**  
 Спортивный объект

**Регион:**  
 г. Москва

**Заказчик:**  
 ООО "ЮэСэм Девелопмент"

**Технический заказчик-генпроектировщик:**  
 АО "Мосинжпроект"

**Стадии проектирования:**  
 Архитектурная концепция, разработка интерьеров, ПД и РД

**Строительство:**  
 2016-2018 гг.

**Площадь:**  
 23 500 м<sup>2</sup>

цепции BIM-модель модифицируется и дорабатывается на всех этапах жизненного цикла.

Стремление предлагать заказчикам наиболее интересные архитектурные решения и выполнение комплексных задач подсказали руководству компании выбор в пользу ARCHICAD: программа не требует длительной настройки, наличия в штате отдельного BIM-менеджера и интуитивно понятна архитектору.

Одним из недавних проектов, разработанных ТПО "Прайд", стал Центр художественной гимнастики (ЦХГ) Ирины Винер-Усмановой. По своим архитектурным и конструктивным решениям объект уникален. ЦХГ, который будет

построен в московских Лужниках, — это арена на четыре тысячи мест для проведения соревнований и тренировок, частично трансформируемые трибуны и VIP-ложи плюс множество различных помещений. Внешний облик передает ассоциативную связь формы здания с его назначением: уникальная форма кровли напоминает взмах гимнастической ленты. Завершение работ по возведению Центра намечено на 2018 год.

"На начальном этапе довольно быстро создали предварительную концепцию, состоящую из нескольких принципиально разных решений. Были и варианты с плавными бионическими формами, и наоборот, более геометричный внеш-

ний вид с четким ритмом фасада. Заказчик выбрал форму парящей над землей ленты. Сроки были очень сжатыми, и на разработку первой 3D-модели ушло не больше месяца", — рассказывает главный архитектор проектов ТПО "Прайд" Елена Мызникова.

### Единая модель от концепции до выпуска рабочей документации

Проект ЦХГ стал победителем конкурса "BIM-технологии 2016" в номинации "BIM-проект: спортивные объекты" и является успешным российским примером OPEN BIM-подхода в проектировании. Обмен данными между программными платформами осуществлялся с помощью открытого формата IFC, разработанного buildingSMART (International Alliance for Interoperability, IAI) для оптимизации взаимодействия в строительной индустрии.

Архитектурная часть проекта выполнялась в ТПО "Прайд", основными инструментами для стадий "ПД" и "РД" были ARCHICAD, Rhinoceros/Grasshopper. Вывод BIM-модели для презентации осуществлялся из ARCHICAD с вложенными в проект xref-файлами конструктивных элементов и инженерных коммуникаций. Конструкция сложной кровли была запроектирована в Rhinoceros/Grasshopper. Конструктивные и инженерные решения разрабатывались ООО "Метрополис" с применением другого программного обеспечения для инженеров.

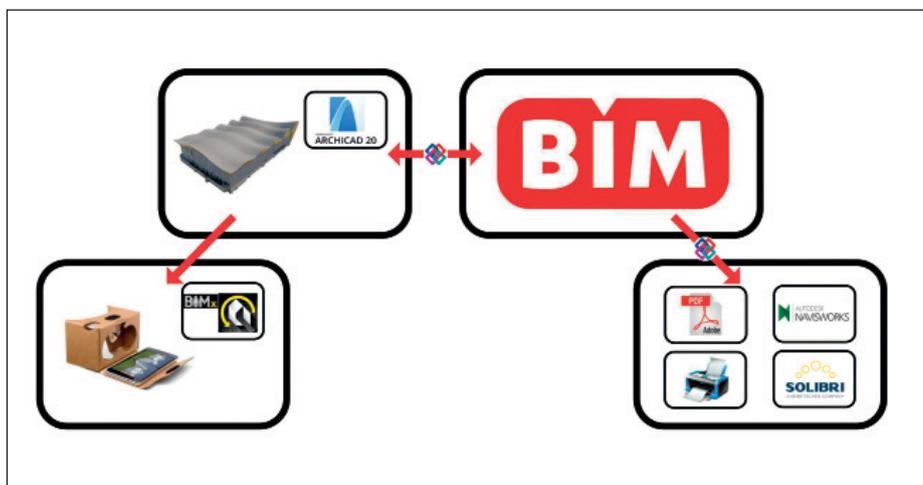
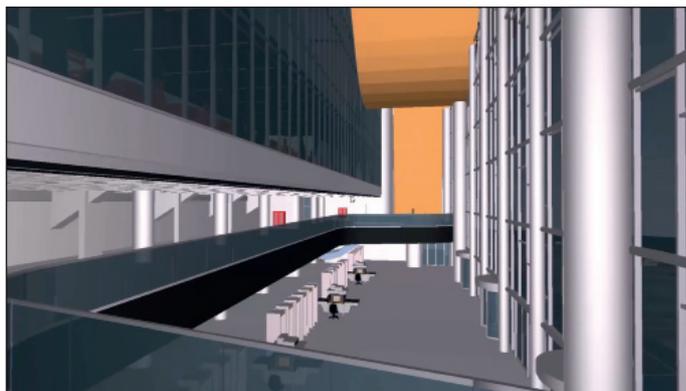
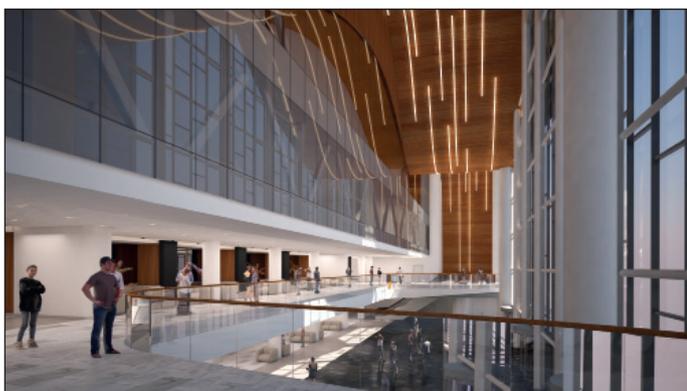


Схема выпуска раздела АР

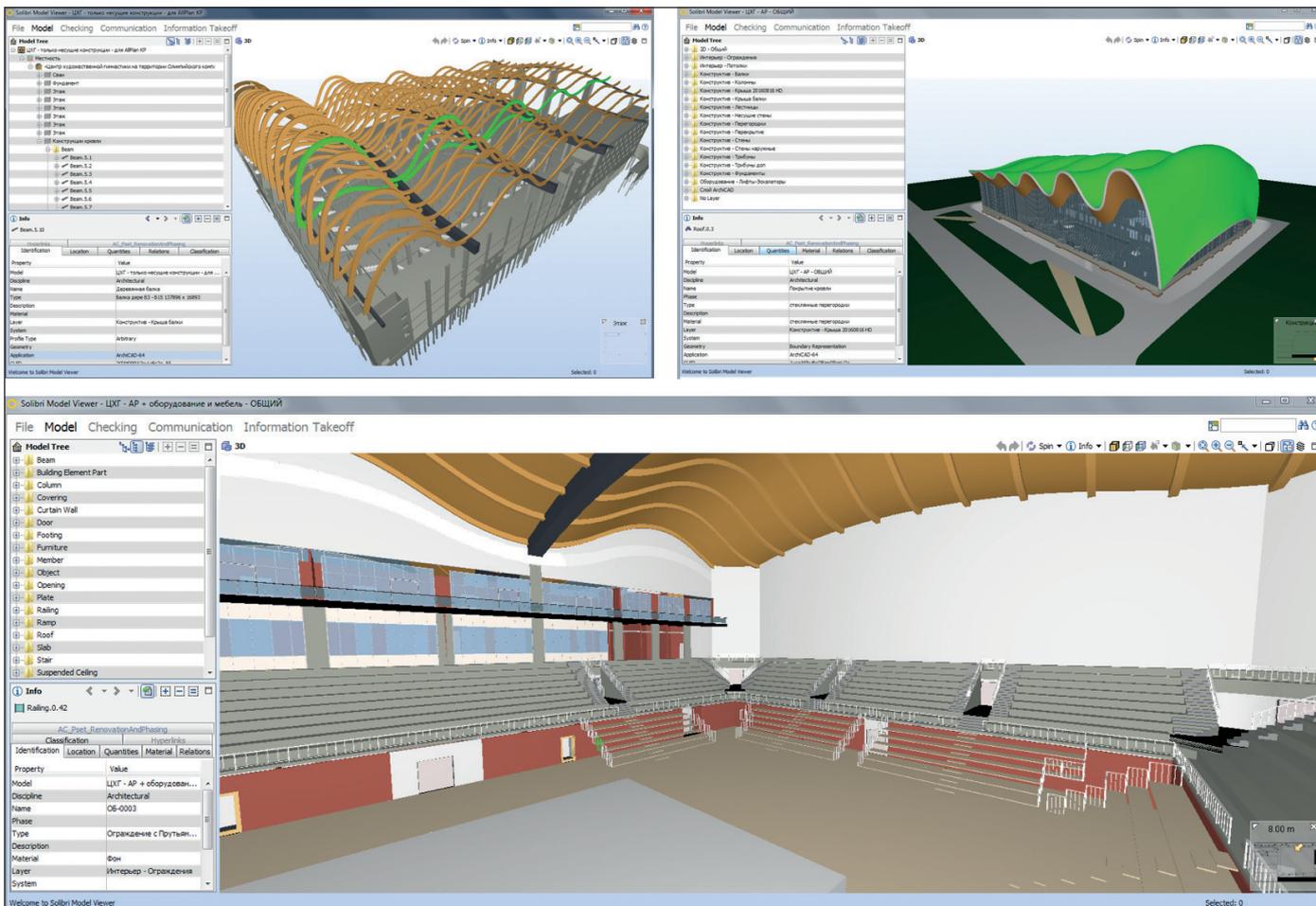


Эскизы были воссозданы в виде 3D-модели ARCHICAD, визуализация создавалась с помощью 3ds Max

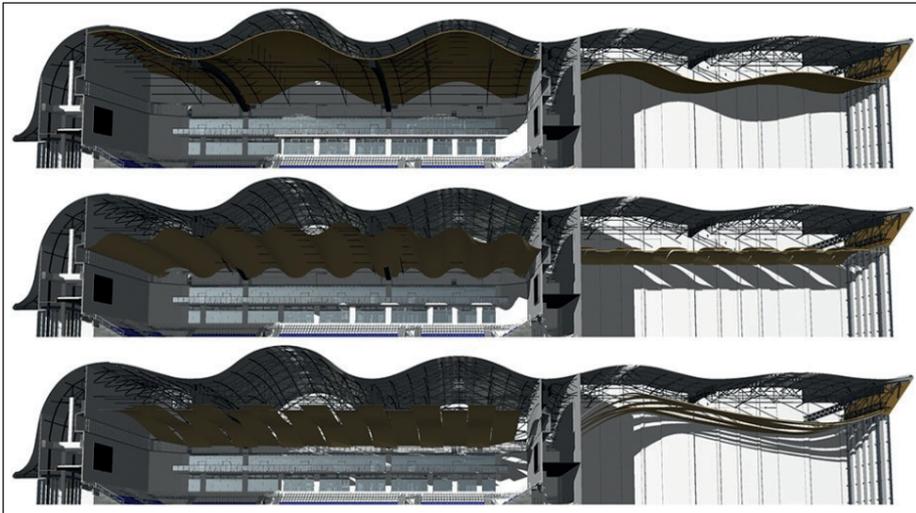
"На стройку объекта мы всегда ездим с планшетом, в который загружена модель из ARCHICAD, а чтобы быстро согласовать с заказчиком предложенное нами решение, используем приложение для мобильных устройств BIMx. Также BIMx незаменим, когда нужно определить место в проекте и контролировать ход строительства. С помощью BIMx удобно загружать в BIM-модель различные спецификации", – говорит главный архитектор проектов ТПО "Прайд" Виталий Крестянчик.

Каждый проект начинается с концепции и поиска идеи. Карандашные эскизы были воссозданы в ARCHICAD как 3D-модель, с помощью которой осуществлялась дальнейшая проработка замыслов, уточнялись подходящие формы. Визуализация создавалась с помощью 3ds Max. Процесс BIM-проектирования фактически начался уже на этом этапе: модель содержала первичную информацию о материалах, стала объектом первых обсуждений и согласований с заказчиком.

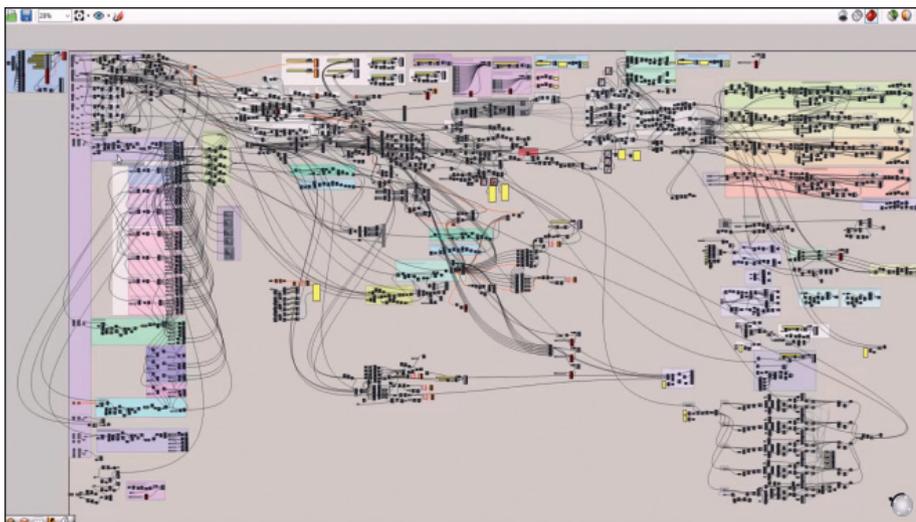
На этапе концепции задавались площади, отделка потолка и пола, количество дверей, определялись функциональные связи между помещениями. Для согласования концепции с генпроектировщиком (АО "Мосинжпроект") и заказчиком использовали приложение BIMx – удобный инструмент для демонстрации BIM-модели на мобильных устройствах. Все файлы разделов были объединены с чертежами в единую модель и отображались через BIMx. Таким образом, у ТПО "Прайд" была возмож-



Подготовка и проверка IFC-модели AP в Solibri Model Viewer для передачи смежным специалистам



Вариативность проектирования в ARCHICAD



Проектирование сложной кровли в Rhinoceros/Grasshopper

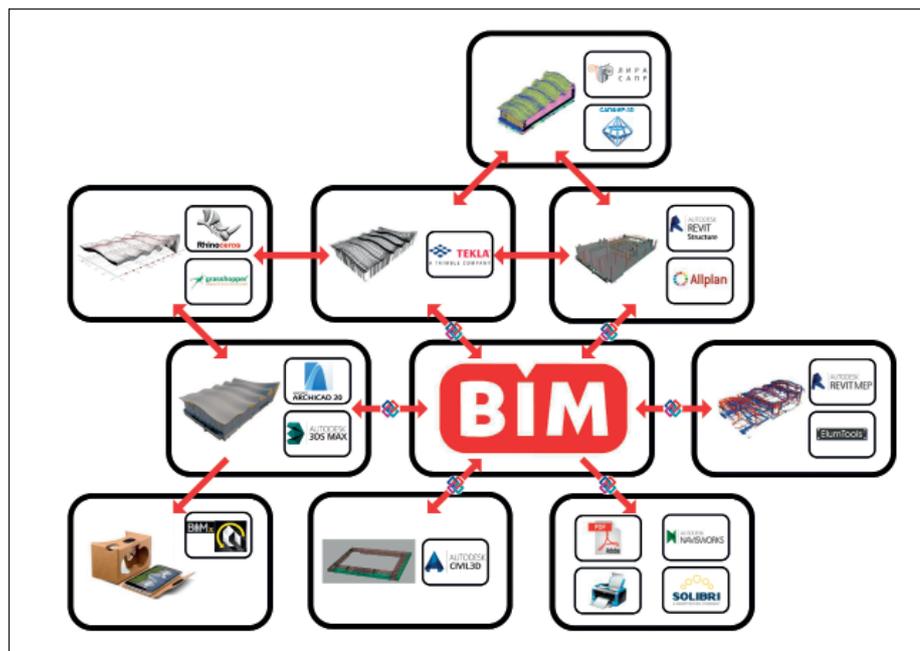


Схема взаимодействия участников проектирования

ность "покрутить" проект в трехмерной среде, рассмотреть его в деталях, а также наглядно представить заказчику необходимую информацию.

После согласования концепции архитектурная модель была передана смежным специалистам в формате IFC. Для каждой специальности файл готовился в ARCHICAD отдельно: некоторым смежникам не нужна была кровля, другим – железобетонные конструкции. Для поиска ошибок и пересечений использовался инструмент Solibri Model Checker – BIM-приложение, предназначенное для выполнения анализа информационных моделей на предмет коллизий.

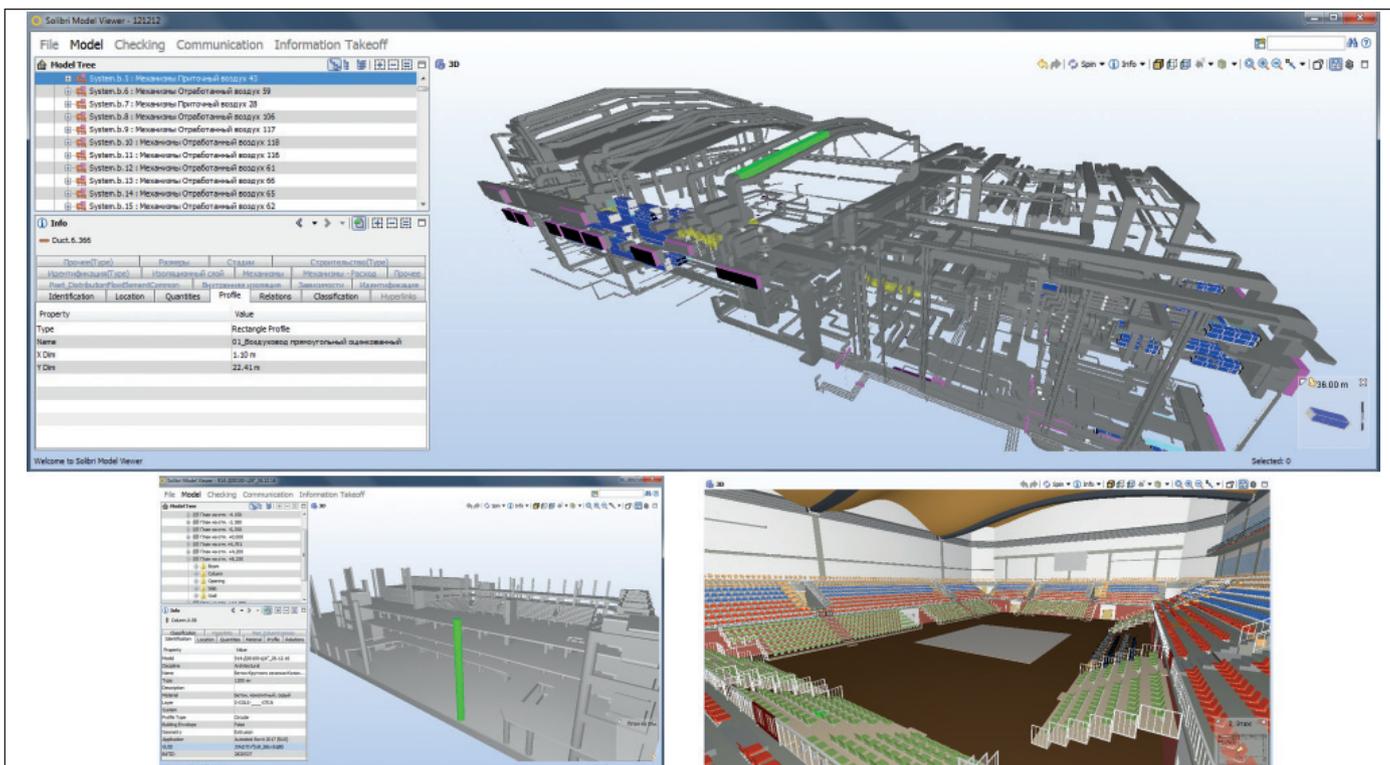
Параллельно шло параметрическое моделирование уникальной кровли здания – с применением динамической связи с Rhinoceros и Grasshopper-ARCHICAD Live Connection. На основе проведенного исследования были определены варианты оптимизации ферм, рассматривались полученные от производителя фальцевой кровли примеры раскладки панелей с учетом возможностей изгиба металла. Рассчитанные параметры помогли определить оптимальную форму кровли.

### **ВМ-дуэт: архитекторы + инженеры**

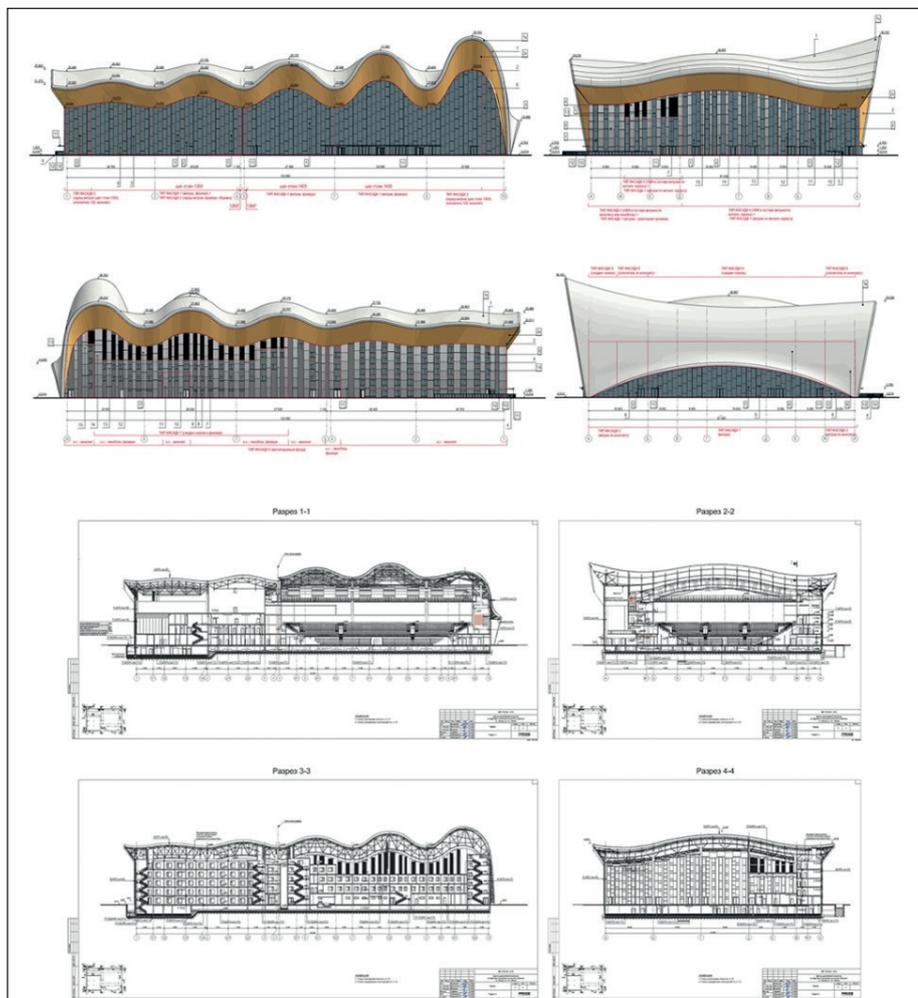
На следующей стадии ("ПД") архитекторы ТПО "Прайд" продолжили работу с ООО "Метрополис", специализирующимся на разработке конструктивных и инженерных решений. Компания использовала программные комплексы других производителей. Конструктивная железобетонная модель проекта (КЖ) создавалась в Allplan. Затем через систему параметрического моделирования САПФИР файл передавался в расчетные программы, такие как ЛИРА-САПР. Металлическая модель здания (КМ) разрабатывалась в Tekla Structures и следующим этапом проходила через расчетные комплексы.

"BIM-проектирование позволяет избежать пользовательских ошибок. Первая модель, которую мы получили на стадии "ПД" от проектировщиков инженерных сетей, содержала 1800 коллизий в одном только разделе ОВ. И это, кстати, не так уж и много. При 2D-проектировании обнаружить эти коллизии было бы просто невозможно", – комментирует Виталий Крестьянчик.

Инженерные сети разрабатывались в Revit, некоторые разделы – в MagiCAD. Первое сохранение модели, полученной от инженеров, потребовало настройки,



Проверка на предмет коллизий, выполняемая в Solibri Model Viewer



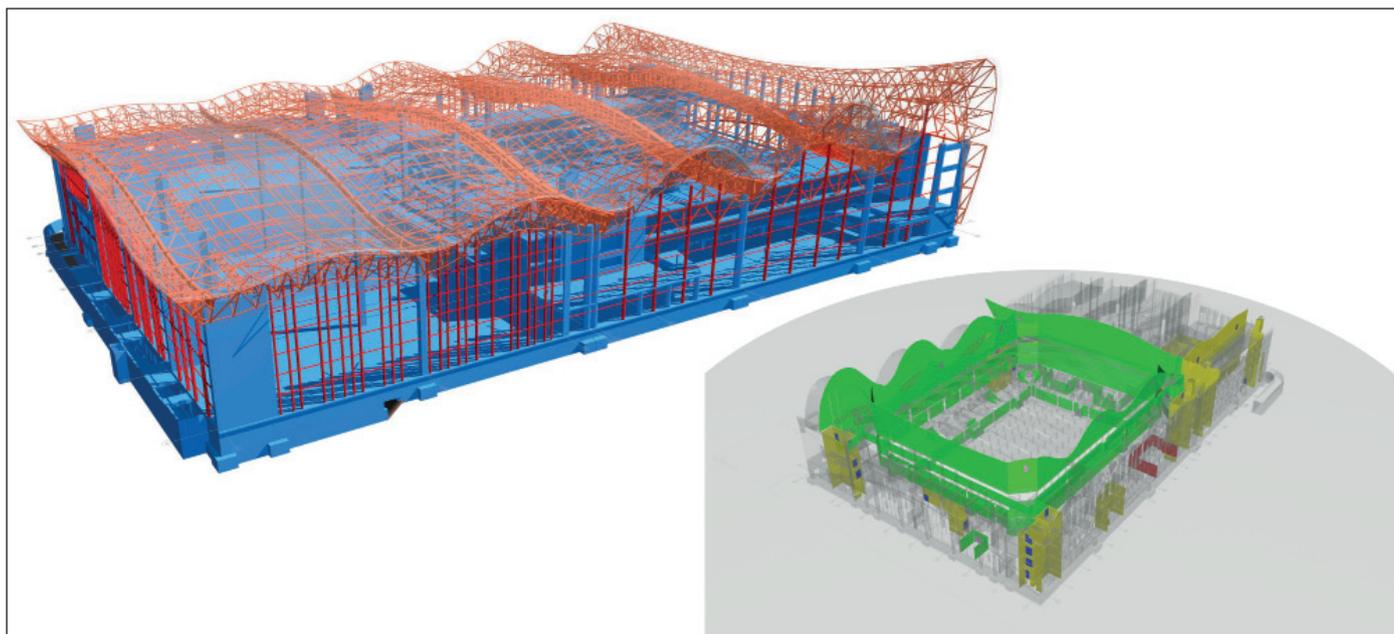
Выпуск проекта в ARCHICAD

которая проводилась в течение нескольких дней. В ситуации BIM-взаимодействия для инженеров было важно правильно сохранить, а для архитекторов – правильно импортировать данные. После обмена моделями, проверки на коллизии и исправления ошибок начался выпуск документации.

"При BIM-проектировании нет необходимости прорабатывать все узлы, – говорит Виталий Крестьянчик. – Чтобы посчитать объемы, достаточно принципиальных решений, которые можно напрямую связать ссылками с сайтами производителей. Различные каталоги (полы, двери, окна) детализируются в ARCHICAD и формируются автоматически".

### Организация командной работы в ARCHICAD

При всей сложности объекта компания сумела обойтись без увеличения штата и отдельного сотрудника на должности BIM-менеджера. С ARCHICAD эта должность оказалась не нужна. Общую BIM-координацию всех разделов, разработку регламента работы на стадиях "П" и "РД" осуществлял один архитектор. В его задачи входила организация работы авторского коллектива в едином файле с общим доступом. Наладить взаимодействие помогла включенная в ARCHICAD функция Teamwork.



Функция Графической замены в ARCHICAD позволяет применять предварительно настроенные параметры для различного отображения элементов модели

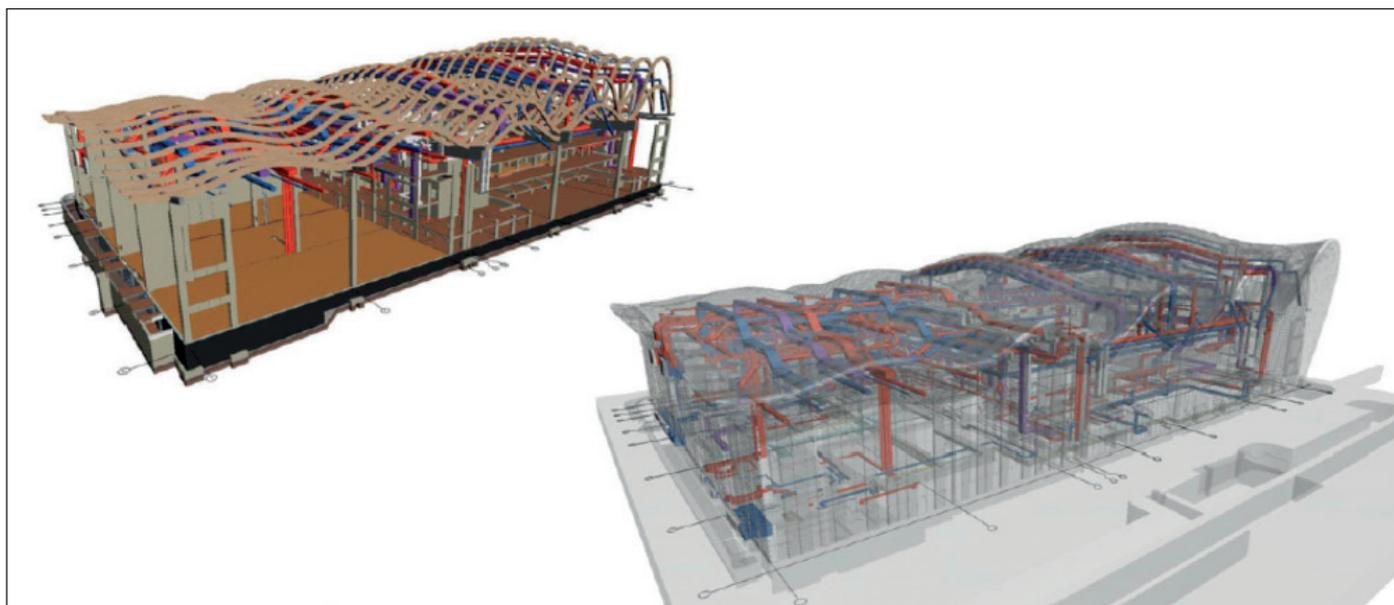
"Архитектурная часть проекта полностью выполнена в ARCHICAD с использованием Teamwork, — рассказывает Виталий Крестьянчик. — Эта функция позволяет каждому задействованному архитектору видеть в проекте все последние изменения и избегать множества ошибок. И не важно, в каком городе или стране находится сотрудник, — для Teamwork это не проблема".

Для обеспечения безопасности данных уровень прав доступа к модели определялся BIM-координатором и зависел прежде всего от опыта и мастерства специалиста, а также определялся задачей,

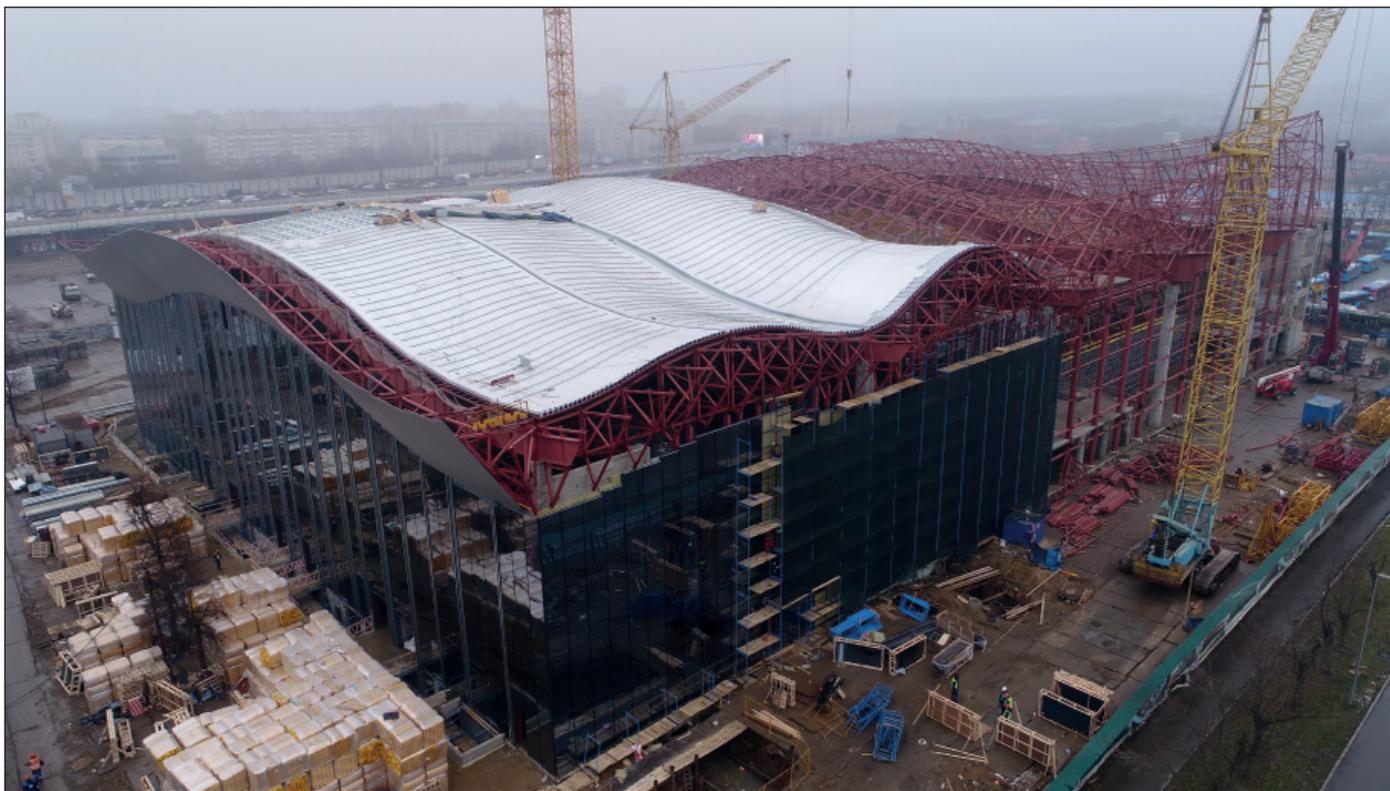
которая ставилась перед командой. BIM-координатор устанавливал ограничения на создание и настройку реквизитов и слоев в проекте. Максимальное количество архитекторов, одновременно подключающихся к проекту, составляло 15 человек. Обсуждение проектных решений происходило с помощью встроенного в Teamwork сервиса обмена сообщениями. Использование Teamwork существенно упростило процесс координации BIM-проектирования. Были сокращены сроки согласования, значительно повысилась производительность коллектива в целом.

### Универсальность OPEN BIM-подхода

Проект ЦХГ находится сегодня на стадии "РД" и продолжается с использованием единой BIM-модели. OPEN BIM-подход доказал свою универсальность. OPEN BIM — это основанный на формате файла IFC универсальный язык, который позволяет организовывать взаимодействие всех участников проекта безотносительно используемого ими программного обеспечения и гарантирует качество передачи данных при условии четкой регламентации работы. При создании проекта компания опиралась на



Отображение информации о BIM-проекте в мобильном приложении BIMx



На строительной площадке

российские и межгосударственные стандарты реализации BIM-проектирования. Итог уже выполненных на сегодня работ подводит главный архитектор и партнер ТПО "Прайд" Николай Гордюшин: "Благодаря OPEN BIM все участники рабочего процесса смогли использовать различ-

ное программное обеспечение, причем именно то, в котором они работают профессионально. При помощи формата IFC обмен BIM-данными между специалистами был поднят на новый, более высокий уровень. Все это позволило избежать множества ошибок, и качество до-

кументации стало на порядок выше. BIM-проектирование сделало возможным строительство в точности того объекта, который был задуман архитекторами и выполнен в рабочей документации".

*По материалам  
компании GRAPHISOFT*



## ContextCapture ЗАКЛАДЫВАЕТ ФУНДАМЕНТ КРУПНЕЙШЕЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗАБРОШЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ГОРОДЕ КОУТСВИЛЛ

**Компания CEDARVILLE Engineering Group создает точную 3D-модель местности, устраняющую необходимость дорогостоящих изысканий на объекте ограниченной площади.**

### Планирование реконструкции бывшего промышленного объекта

Коутсвилл — беднейший населенный пункт в районе Честер, богатейшем в Пенсильвании. Он пострадал от переноса производственных и промышленных рабочих мест, которые были закрыты в этом некогда процветающем сталелитейном центре, изо всех сил пытающемся развиваться среди приходящей в упадок инфраструктуры. В целях содействия экономическому развитию Управление по реконструкции Коутсвилла (RDA) работает над восстановлением коммерческих, жилых и промышленных зданий, которые в настоящее время представляют собой заброшенные объекты. В качестве своего вклада в реконструкцию населенного пункта и его будущей устойчивый рост компания CEDARVILLE Engineering Group (CEDARVILLE) предоставила услуги, которые не потребовали инвестиций от

города или RDA: были выполнены работы по предварительному проектированию и планированию для крупного проекта реконструкции комплекса заброшенных зданий, известного под названием "Равнины".

Чтобы реализовать 3D-планы предварительного проектирования, CEDARVILLE необходимо было обследовать текущее состояние площадки бывшего сталелитейного завода. На территории "Равнин", а это 30 акров<sup>1</sup>, есть фундаменты разрушенных промышленных сооружений, склады опасных материалов и районы загрязненных почв, а также зоны регулярных затоплений. Эти условия делали дорогостоящим и небезопасным проведение традиционных изысканий на месте и потребовали от проектной группы рассмотреть альтернативные решения для реализации проекта. Как рассказала основатель и президент компании CEDARVILLE Эйприл Баркаши, с уче-

### Краткое описание проекта

#### Компания

CEDARVILLE Engineering Group, LLC

#### Расположение

Коутсвилл, штат Пенсильвания, США

#### Цели проекта

- Сформировать точную трехмерную модель местности, чтобы помочь реконструкции крупнейшего заброшенного объекта Коутсвилла
- Создать точную сетку трехмерной реальности, преодолев ограничения традиционных изысканий и отказавшись от небезопасных посещений объекта

#### Продукты, использованные в ходе реализации проекта

ContextCapture



<sup>1</sup> 12 гектаров.



Используя БПЛА, команда CEDARVILLE получила более 750 аэрофотоснимков всего за 20 минут, а с помощью ContextCapture добавила базовые снимки для построения точной модели реальности

том специальных процедур и разрешений, необходимых для допуска на объект, затраты на проведение традиционных исследований могли составить 40 000 долларов. Учитывая ограниченный доступ к объекту и необходимость подробного анализа на фоне скромного бюджета, CEDARVILLE нуждалась в точном масштабируемом программном обеспечении для безопасного и экономичного создания трехмерной модели существующих условий местности. Такая модель позволила бы приступить к эффективному планированию реконструкции "Равнин".

### Моделирование реальности как основа оптимального решения

Отказавшись от дорогостоящих, а здесь еще и рискованных традиционных методов, CEDARVILLE проработала множество вариантов безопасного исследования местности и создания точной модели участка. Команда собрала разрозненные формы уже имеющихся данных, определила потребности в дополнительной информации и в конечном итоге пришла к выводу, что оптимальный и экономически эффективный способ решения обеспечит фотограмметрическое моделирование реальности. Эта новая технология позволила CEDARVILLE провести исследование участка, используя беспилотные лета-

тельные аппараты (БПЛА) для получения обычных фотографий, устранить необходимость проведения изысканий на месте и создать точную модель в виде текстурированной сетки.

На рынке представлено немало приложений для моделирования реальности, но CEDARVILLE требовалась совместимая технология, способная обработать весь объем информации по 30-акровому заброшенному объекту. Изображениям высокого разрешения, а также существующим данным и метаданным предстояло стать основой для создания точной 3D-сетки, необходимой для работы с проектными сечениями и анализа профилей. Исходя из этих условий, CEDARVILLE определила, что требованиям к масштабируемости, точности проектирования, совместимости и параметрам моделирования отвечает ContextCapture от Bentley.

"Мы хотели создавать топографические данные настолько эффективно, насколько это было возможно", — поясняет Эйприл Баркаши. Использование ContextCapture обеспечило гибкость и точность, необходимые команде для своевременного представления специалистам RDA концептуальных и экономически обоснованных идей, касающихся реконструкции площадки бывшего сталелитейного завода.

### Автоматизированная технология

Используя БПЛА, команда CEDARVILLE получила более 750 аэрофотоснимков всего за 20 минут, а с помощью ContextCapture добавила базовые снимки с четырех опорных точек (GCP), расположенных по периметру. Совместимость и возможности фотограмметрической реконструкции ContextCapture позволили использовать изображения, полученные с использованием БПЛА и ручной камеры, наземные опорные точки, существующие данные исследования и старые фотографии для создания точной модели реальности, полностью устранив необходимость в полевом осмотре объекта. "Некоторые части земельного участка были труднодоступны. Технология [Bentley] позволяет без присутствия на местности получать результаты, подобные результатам наземных работ", — заявил представитель городской администрации Коутсвилла Майкл Трио (Michael Trio).

Более того, гибкость и совместимость ContextCapture значительно ускорили сбор данных и позволили наглядно продемонстрировать эти данные администрации города. Программное обеспечение всего за несколько часов автоматически сформировало модель реконструкции объекта. Не потребовалось ручное моделирование строений или ландшафта площадки. Использование разработанного компанией Bentley приложения для автоматического создания 3D-модели с привязкой к местности уменьшило риски, обеспечило безопасность, оптимизировало принятие решений и ускорило процесс согласования с местными властями. Проектная группа смогла быстро и точно задокументировать текущее состояние "Равнин", а затем представить общие планы, чтобы продемонстрировать идеи повторного использования заброшенных объектов. Все это не только сделало исследования безопасными для людей, но и существенно сэкономило время.

### Точная трехмерная сетка реальности упрощает вариантное проектирование

С помощью ContextCapture компания CEDARVILLE создала трехмерную модель переменного разрешения в файле почти на 30 процентов меньшего размера, нежели облако точек, что повысило удобство и оперативность работы с моделью. Специалисты компании могли интерактивно перемещаться внутри модели, работая над выравниванием водотока и обеспечивая соответствие тре-



Информация, полученная с использованием ПО ContextCapture, сыграла важную роль и при определении текущего состояния объекта, и при создании планов реконструкции

бованиям к проекту. Чтобы изложить свои рекомендации и выводы по вариантам проектирования, земляным работам и планированию инфраструктуры, CEDARVILLE использовала высококачественную визуализацию модели поверхности. Текстурированная сетка обеспечила полное, легко узнаваемое визуальное представление проекта, пригодное для использования командой, заказчиком и другими заинтересованными сторонами.

Трехмерная модель местности, созданная ContextCapture, позволила с легкостью выполнять расчеты объемов материала, необходимого для создания защитного покрытия толщиной два фута<sup>2</sup>, а также для уменьшения воздействия заброшенного участка на окружающую среду. Используя модель, градостроители и инженеры-проектировщики убедились в наличии 22 400 кубических ярдов<sup>3</sup> чистого насыпного грунта, подсчитали необходимый запас материалов для рекультивации семи с лишним из 26 акров загрязненных почв в пределах городской черты. Как отмечает Эйприл Баркаши, "это огромная экономия средств: стоимость чистого грунта колеблется от 8 до 20 долларов за кубический ярд".

Наконец, модель реальности предоставила компании CEDARVILLE исчерпывающую информацию для регулировки livнестокков, создания профиля необхо-

Используя инновационные инструменты этой технологии, мы разработали процесс точного, эффективного и безошибочного создания масштабируемых 3D-моделей. Моделирование реальности – вот где начинается инфраструктура будущего

**Эйприл Баркаши,**  
основатель и президент компании  
**CEDARVILLE**

димых сечений и экспорта в программу HEC-RAS, где определялись необходимые параметры водостока при сбросе паводковых вод. Структурные элементы фундаментов заброшенного завода

и конструкции моста были четко показаны в оформленных сечениях, что позволило инженерам CEDARVILLE оптимизировать анализ, минимизировать влияние земляных работ на сброс паводковых вод и в целом определить приемлемые варианты реконструкции.

### Моделирование реальности: сегодня и завтра

Технология моделирования реальности ContextCapture доказала свою эффективность и специалистам компании CEDARVILLE, и администрации Коутсвилла. Этот подход не только сэкономил немало времени и средств. Визуально реалистичная, с точными геометрическими характеристиками, высокодетализированная трехмерная модель упростила разработку проекта, оптимизировала принятие решений и ускорила согласование со всеми заинтересованными сторонами, что было важно для обеспечения эффективной и экономичной реконструкции участка. Модель реальности, представляющая собой комплексное изображение местности, основанное на надежных данных, обеспечивает стратегическое преимущество при разработке плана для потенциальных инвесторов. Не менее полезной для города она будет при планировании и разработке проектов экономического развития. Использование модели уже помогло привлечь дополнительное финансирование от различных агентств: эти средства будут направлены на строительство дорог в рамках плана реконструкции "Равнин".

Опираясь на столь успешный опыт, CEDARVILLE расширила область применения новой технологии: теперь она используется и при решении проблем, связанных с водоотводом для жилых домов, планированием тротуаров. Компания намерена задействовать ContextCapture в нескольких предстоящих проектах, ожидая столь же впечатляющих результатов, как при работах в Коутсвилле. "Используя инновационные инструменты этой технологии, мы разработали процесс точного, эффективного и безошибочного создания масштабируемых 3D-моделей. Моделирование реальности – вот где начинается инфраструктура будущего", – подчеркивает Эйприл Баркаши.

*По материалам компании Bentley Systems*



<sup>2</sup> Около 61 см.

<sup>3</sup> Более 17 000 м<sup>3</sup>.



## ➤ ПРОЕКТИРУЕМ НАСОСНУЮ СТАНЦИЮ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

**В** конце октября, разговаривая с руководством, получаю задание: "Нужен цикл статей о практическом применении программ nanoCAD BK и Отопление. Задача поставлена, иди пиши".

В раздумьях не заметил, как дошел до своего рабочего места. Проектов, по которым можно написать статью, много, но хочется чего-то посвежее, чего-то особенного. Такого, чтобы сразу показать, что не стоит бояться отечественного софта, что он не хуже, а иногда и лучше зарубежного. На глаза попадает переписка с нашим пользователем Вячеславом Зацерковным из ООО "Дельта".

Вот она, первая статья! Вячеслав — один из самых интересных и любознательных пользователей, с которыми мне довелось столкнуться. Его отдел проектирует системы пожарной безопасности для объектов торгового, складского, производственного назначения, а если взглянуть шире, то разрабатывает любые проекты, касающиеся пожарной безопасности (АУПС, СОУЭ, ОМК, АСПЗ, СКС, МПБ, АУПТ, ВПВ).

Знакомство с Вячеславом началось полгода назад. Со звонка по телефону. Вя-

чеслав интересовался nanoCAD BK, было много вопросов по программе, по ее взаимодействию с другими решениями через формат IFC. Задача перед Вячеславом стояла простая: найти ПО, позволяющее рассчитать систему пожаротушения, получить документацию и передать 3D-модель системы в другую программу. Меня же заинтересовали не только проекты, выполняемые отделом Вячеслава, но и возможность протестировать наш BIM-подход. Суть подхода в том, что проектировщик работает с наилучшим в своей области решением, а все результаты может передать своим коллегам, смежникам и заказчикам с помощью форматов DOC, DWG и IFC. Намечавшийся проект подходил для проверки этого подхода как нельзя лучше.

Мне редко присылали проекты с пожаротушением. На первый взгляд, они могут показаться простыми, но на самом деле здесь очень много работы по расчету и выбору оборудования; из-за больших расстояний часто приходится согласовывать со смежниками места и высоты трубопроводов, чтобы избежать коллизий.

Два месяца ушло на освоение программы: пользователь изучал ее возможности

в свободное от основной работы время. За основу был взят небольшой ранее выполненный проект — теперь все его стадии, от первых шагов до экспорта 3D-модели в другую программу, предстояло пройти в nanoCAD BK.

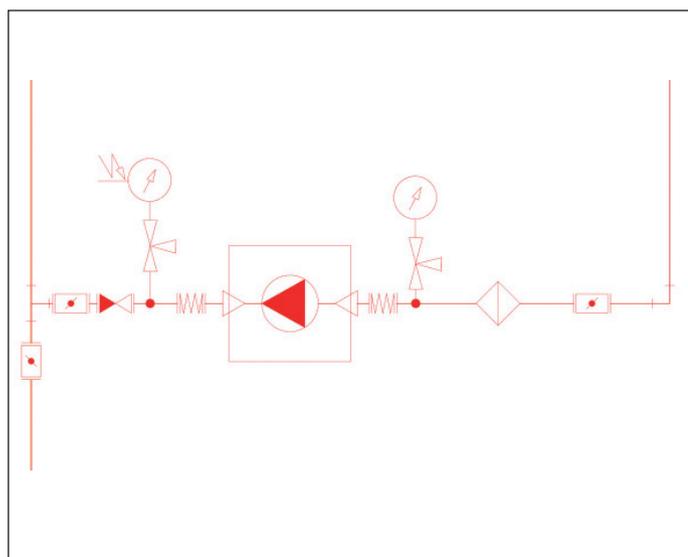
Итак, проекту в nanoCAD BK быть! И с середины лета работа началась.

Было бы лукавством сказать, что все шло гладко. Проблем хватало, но об этом лучше расскажет сам Вячеслав:

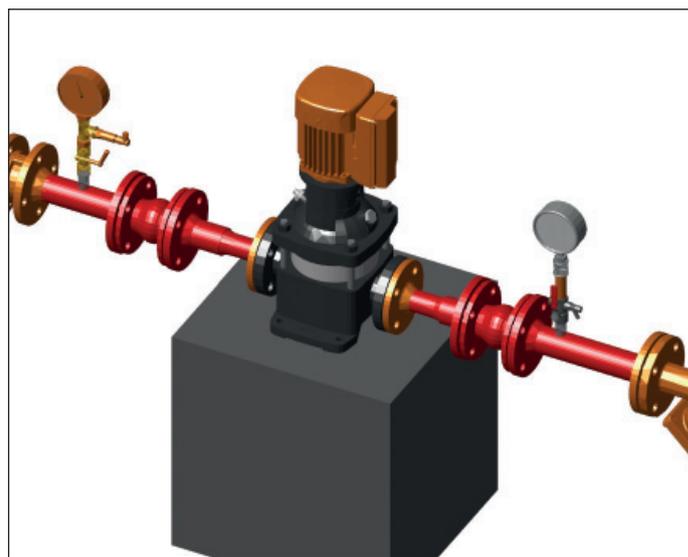
"О работе над проектом внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ) постараюсь рассказать максимально подробно: и с какими трудностями столкнулся, и как их решал.

В программе разбирался самостоятельно, за помощью обращался только в крайних случаях. После перехода на проектирование в nanoCAD BK (с зарубежных CAD-систем) трудностей с ориентированием в программе не возникало. Интерфейс узнаваемый и интуитивно понятный.

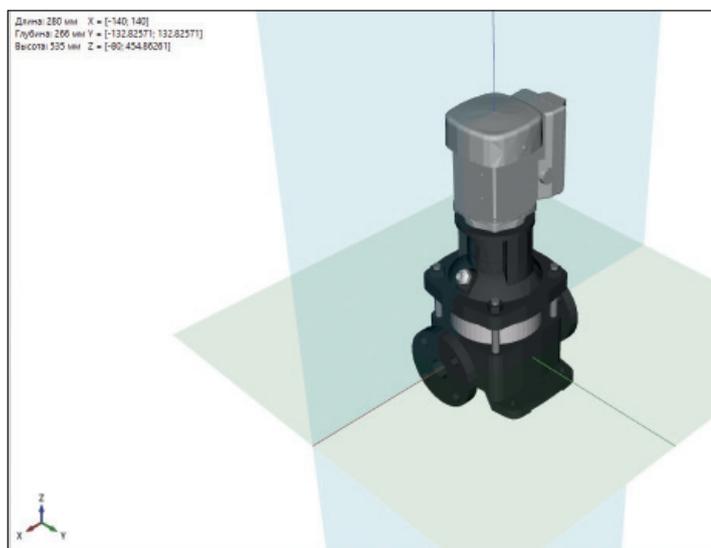
Создали структуру здания, подгрузили плоскую подоснову (к сожалению, 3D-архитектуры у нас не было). Приступили к прокладке сети трубопровода и расстановке оборудования. Тут-то



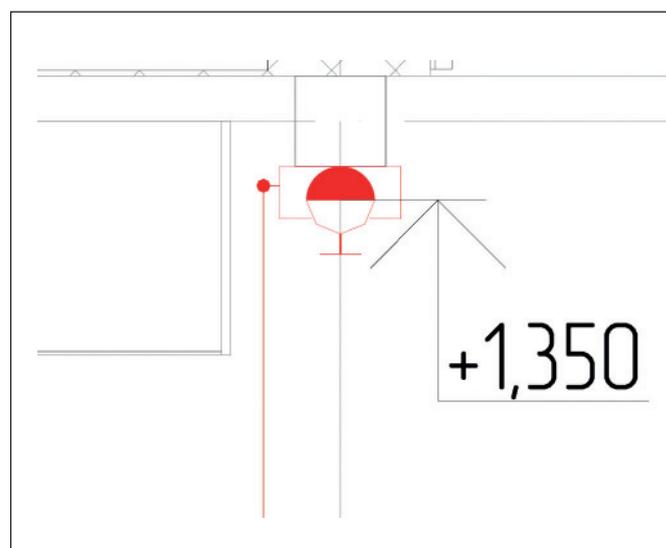
Отображение в плане УГО элементов



Отображение оборудования в 3D



Отображение 3D-графики в базе данных



Отображение в плане УГО ПК

и возникла первая проблема: ситуация с оборудованием для систем ВПВ непростая, приходилось создавать новые УГО, искать в Интернете и загружать графику для этого оборудования. Здесь ощутимую поддержку оказали специалисты ЗАО "Нанософт" (Николай Суворов) и ГК ArcSoft (Арсений Смирнов).

Программа позволяет установить манометр, но его установка предполагается непосредственно на трубу, в качестве измерительной арматуры. Мне же был нужен манометр на патрубке. Пришлось создать собственное УГО.

Далее потребовалось найти и частично подработать графику, но в итоге все получилось как я хотел.

Правда, обнаружилась другая сложность: в базе данных у манометра задано Ду 15,

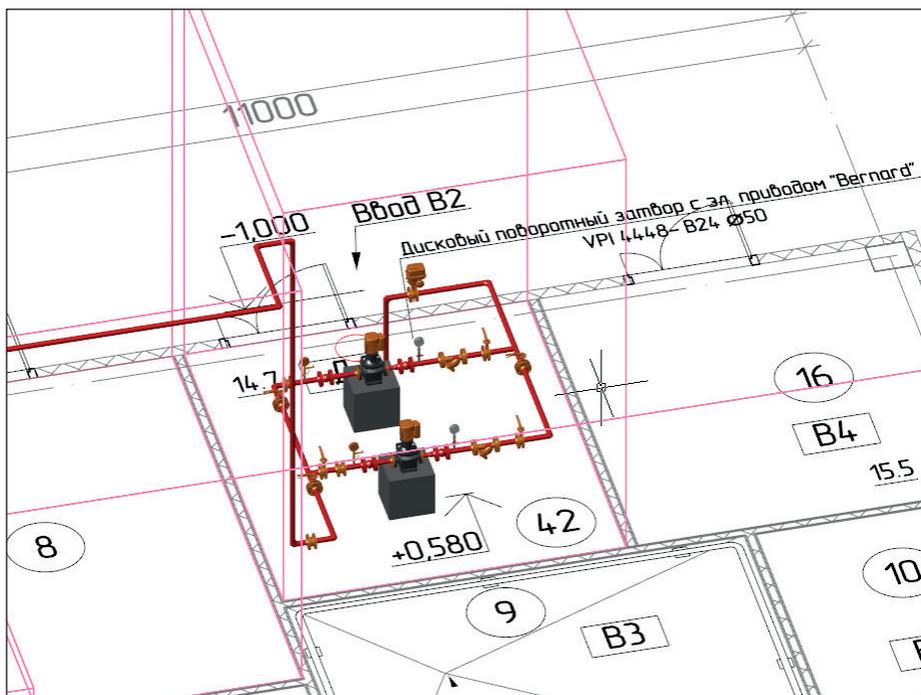
и при проверках программа сообщала о несоответствии диаметров (диаметр трубы, на которую был установлен манометр, — Ду 50). В разговоре с разработчиками выяснилось, что вариант с установкой патрубка не учитывался. Замечание приняли, обещали исправить.

Следующая проблема возникла с фланцами арматуры и приборов. Так как арматура у нас фланцевая, необходимо было установить фланцы на трубопровод. 90 процентов 3D-графики — без ответных фланцев, но в 3D это не смотрелось, поэтому ответные фланцы пришлось добавить. Как это можно сделать, Николай Суворов показал на вебинаре "nanoCAD ВК: работа с 3D-графикой". Предложенный способ мы и использовали. Вышло замечательно, оставалось только доба-

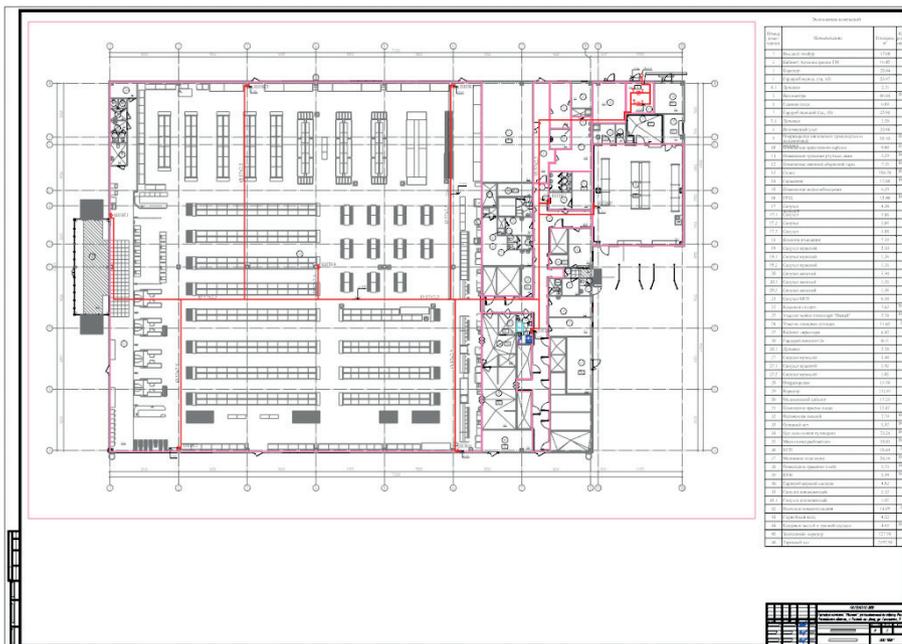
вить в базу данных информацию, что теперь арматура и приборы — с ответными фланцами.

Также пришлось создать новое УГО по ПК, причем с левым и правым подключением. Ну и графику — это уже было самым простым.

Самостоятельное создание базы оборудования связано с тем, что изначально графика не обладает всеми необходимыми свойствами (габариты, материал, производитель, артикул по каталогу, фурнитура и оснастка, мощность оборудования, масса). Все эти сведения нужно найти и затем внести в базу, что значительно увеличивает сроки проектирования. Тут надо еще отметить, что заказчик хочет получать максимально полную информацию об оборудовании, а значит



3D-модель насосной станции пожаротушения



План внутреннего противопожарного водопровода и насосной станции пожаротушения

потребуется проработать возможность подгрузки паспортов на это самое оборудование при его выборе на модели. Ситуацию могло бы в корне изменить появление баз данных оборудования от производителей, но, как ни странно, производители пока совершенно не мотивированы к созданию таких баз... После создания модели системы ВПВ пришло время расчетов. Проверив проект на предмет ошибок, мы обнаружили, что как ошибка (неподключенное обо-

рудование) отображается дополнительное оборудование, не участвующее в системе. Потребный напор превышает значение гарантированного напора, при этом эффект от использования насосов повышения давления в расчете не учитывается. Сам гидравлический расчет теряет свою значимость для проекта, поскольку не помогает правильно выбрать насосы для насосной станции пожаротушения. Мы решили проблему с помощью старых таблиц Excel, по которым

считали раньше. Очень надеемся, что в следующей версии разработчики исправят этот досадный недочет и nanoCAD ВК не только сможет помочь в подборе диаметра труб, но и будет учитывать насосное оборудование.

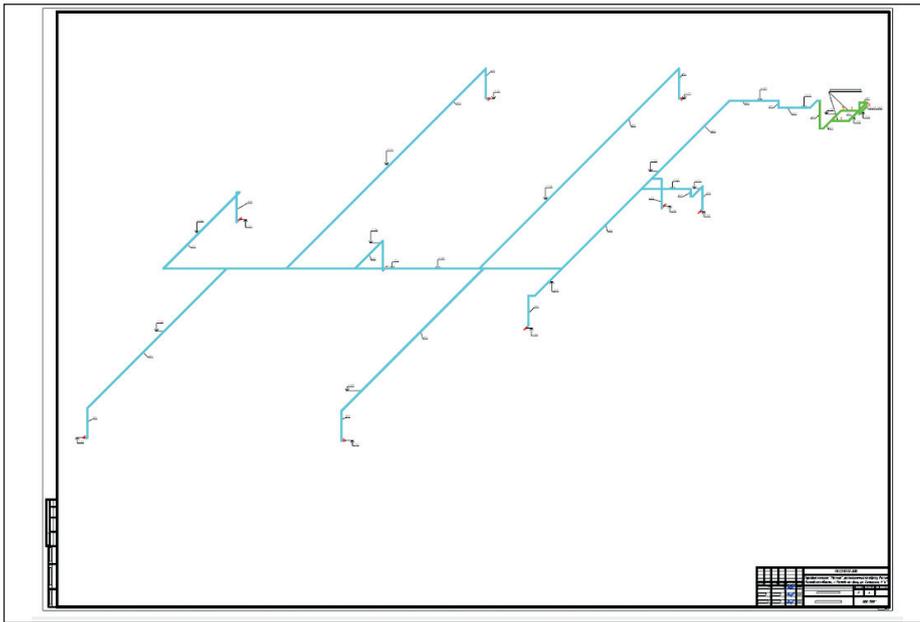
Теперь что касается оформления проекта. Современные САД-системы обычно предполагают, что построение (черчение) модели объекта происходит на вкладке *Модель*, а всё относящееся к оформлению чертежа (рамки, штампы, размеры) выполняется на вкладках *Лист*. nanoCAD ВК предоставляет удобную функцию, позволяющую вставлять в проект рамки со штампами согласно ГОСТу. Функция значительно ускоряет создание и заполнение элементов оформления чертежа. Но без ложки дегтя не обошлось и здесь: работает эта функция только на вкладке *Модель*. Решением оказалось создание рамки в модели, а затем копирование ее на лист, но хотелось бы, чтобы функционал работал и в листах, не требуя никаких дополнительных операций.

Спецификация сформировалась автоматически, но программа не учла дополнительное оборудование, которое не подключено к сети. Надеюсь, разработчики устранят и этот пробел. Кроме того, настройка шаблона для спецификации — задача, мягко говоря, нетривиальная. В справке по программе эта настройка не описана, так что инженеру, далекому от программирования, трудно разобраться без помощи специалистов.

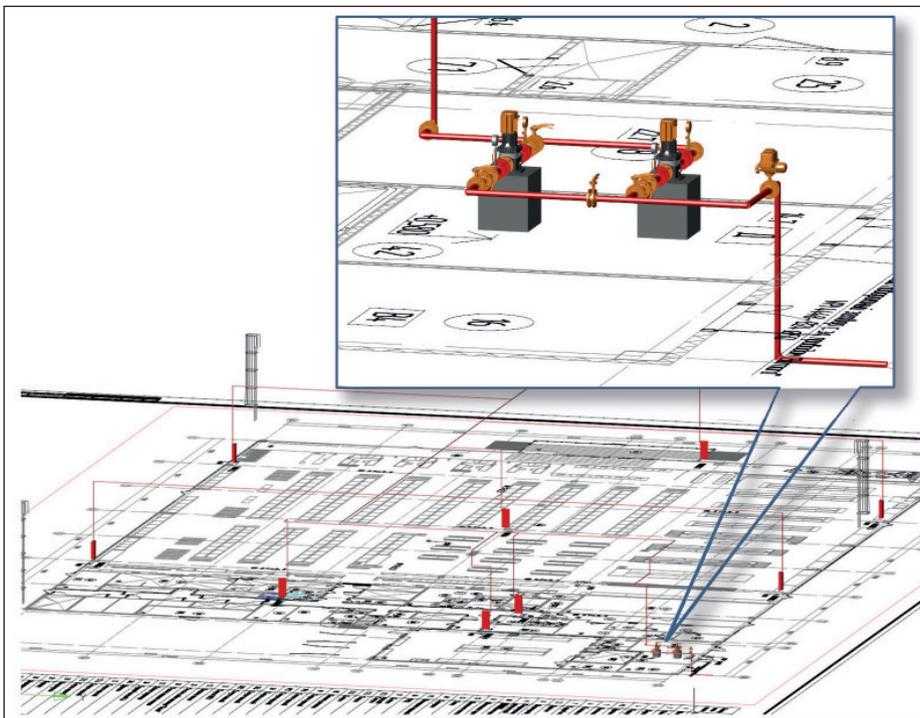
Ну и напоследок о совместном проектировании. Запроектированную модель ВПВ мы выгрузили в формат IFC для ее передачи заказчику, который работает в Revit. Результатом нашей работы стал комплект чертежей в формате DWG, оформленных по ГОСТ, и файл IFC. При экспорте модели в IFC проблем не возникло. Теперь ждем ответ от заказчика.

Подведем итог. Проектировать в nanoCAD ВК насосную станцию пожаротушения можно. Вся необходимая документация выполнена в срок и в соответствии с российскими нормами. Что порадовало руководство компании.

Работая над другим проектом, мы использовали трехмерную архитектурную подоснову, выгруженную в формате IFC. В nanoCAD ВК архитектуру подгрузили, но она установилась со смещением: выяснилось, что архитектор принял за базовую точку другие оси, вследствие чего произошло смещение объектов, выполненных в nanoCAD ВК. Решением может быть настройка экспорта у заказчика или совмещение базовых точек проектов.



Аксонметрическая схема внутреннего противопожарного водопровода и насосной станции пожаротушения



3D-модель внутреннего противопожарного водопровода и насосной станции пожаротушения

Мы активно продолжаем овладевать методами информационного проектирования и в будущем, надеюсь, сможем рассказать о новых успехах..."

Совместная с Вячеславом работа над проектом была очень полезной. Разработчики устраняют причины проблем, которые возникали при создании проекта (манометры, насосы и др.), так что в будущем такого рода сложности уже не появятся.

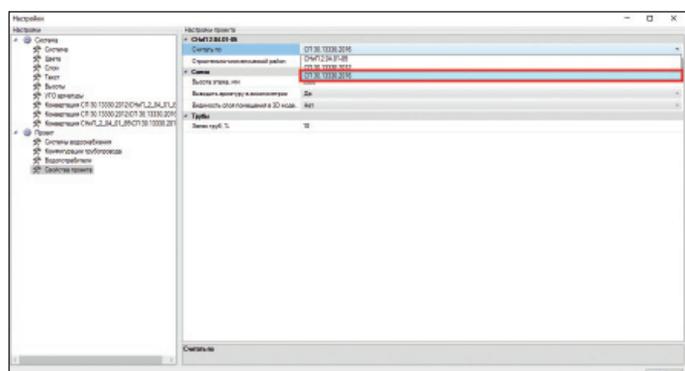
А тем временем вышла следующая версия – nanoCAD BK 8.5. Скажу несколько слов о ее новшествах.

Реализован расчет по СП 30.13330.2016, введенному в середине июня 2017 года. Его очень ждали – к СП 30.13330.2012 было много замечаний. Как только вступил в силу новый СП 30.13330.2016, у нас стали спрашивать, когда он появится в программе. И мы не подвели наших пользователей: в nanoCAD BK 8.5 этот расчет есть.

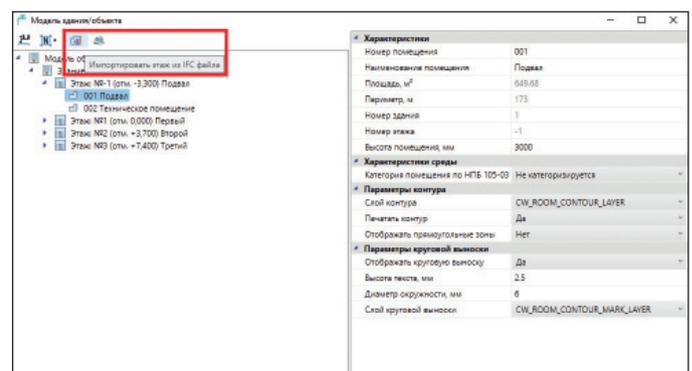
Многие пользователи просили добавить возможность импорта помещений из формата IFC. Мы это сделали. Импортируется как геометрия помещений, так и основная атрибутивная информация. Таким образом, степень интеграции nanoCAD BK с другими BIM-системами стала еще выше. Это новшество по достоинству оценят пользователи, чьи смежники-архитекторы (строители) работают в ARCHICAD, Allplan, Revit и т.д. Надеюсь, статья получилась познавательной. Не за горами следующий материал – и он тоже будет посвящен работе над интересным проектом.

**Николай Суворов,**  
руководитель проекта nanoCAD BK  
и Отопление  
ЗАО "Нанософт"

Автор выражает искреннюю благодарность инженеру-проектировщику ООО "Дельта" Вячеславу Юрьевичу Зацерковному за помощь и предоставленную информацию при подготовке этой статьи.



Настройки расчетов



Импорт этажей из IFC-файла



# 5

## ПЯТЬ ПРИЧИН ДЛЯ ПЕРЕХОДА К 3D-ПЕЧАТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

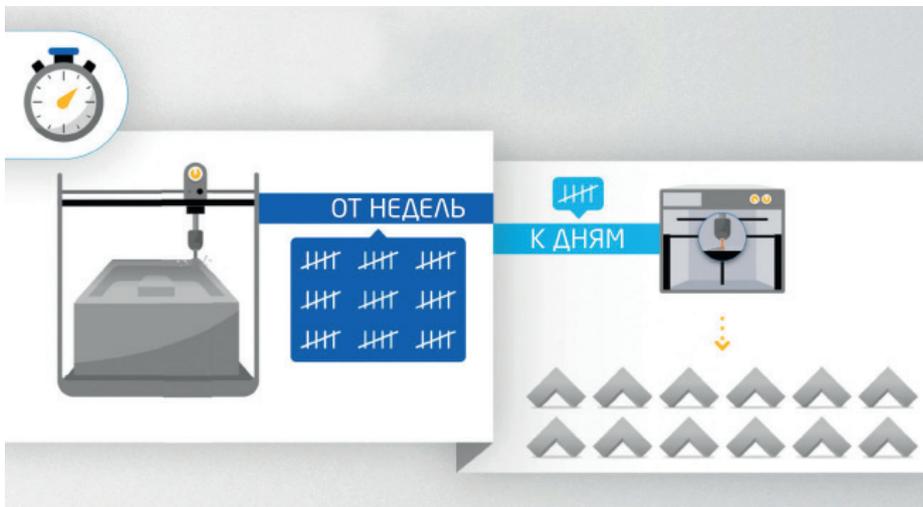
Если вы занимаетесь проектированием или изготовлением металлических деталей, то вы уже знаете о некоторых возможностях 3D-печати металлом. Возможно, вы даже уже думали об использовании аддитивных технологий для реализации проекта. Так что вас останавливает? Может быть, вы пытаетесь самостоятельно выстроить систему аргументов или преимущества пока не совсем ясны для вас. В этом материале мы приводим наши аргументы в пользу 3D-печати металлом — чтобы помочь вам выработать свои.

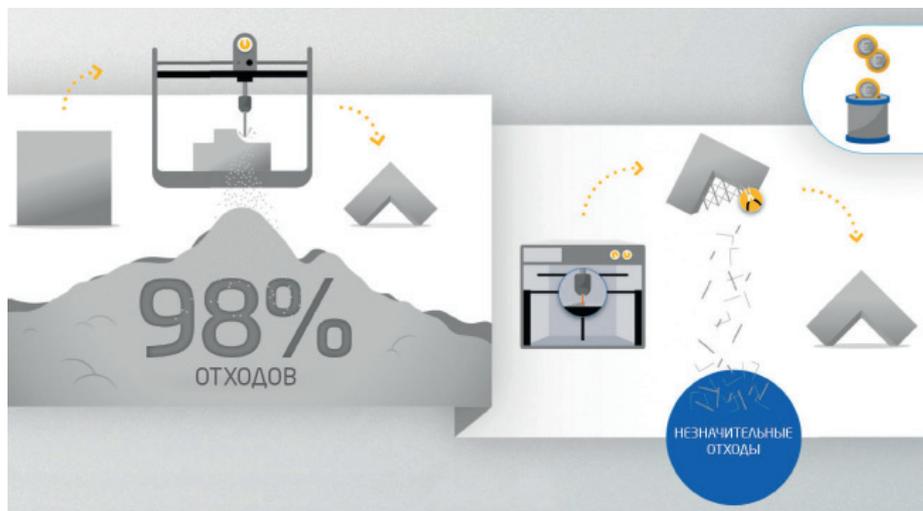
Прежде всего следует отметить, что 3D-печать сейчас легко доступна — как точки зрения материалов и получаемых свойств, так и с точки зрения программного обеспечения для проектирования, сборки и управления технологическими процессами. В то же время субконтрактинг или 3D-печать в качестве услуги обеспечивают доступ к широкому спектру печатных технологий и материалов, поэтому вам не нужно немедленно связывать себя обязательствами с определенным аппаратом или конкретным методом.

Препятствия на пути использования 3D-печати многообразны, причем некоторые из них сильнее там, где глубоко укоренены традиционные методы металлообработки. Тем не менее, как мы увидим, именно в этой области основные преимущества аддитивных методов могут принести наибольший положительный результат.

### 1. Экономьте время: тратьте часы или дни, а не недели и месяцы

Очевидное, широко известное преимущество аддитивного производства в целом — более быстрый переход от проекта к готовой детали. Время экономится во многом благодаря оборудованию. При 3D-печати не требуются держатели для деталей определенной формы; макси-





мум того, что вам нужно из специальных инструментов, — это поддержки, которые генерируются в процессе печати.

Таким образом, вы тратите несколько дней вместо долгих недель. InMotion, команда амбициозного проекта гоночного электромобиля для Le Mans 2019, смогла спроектировать и изготовить новую легкую подвеску из титана в течение недели.

Независимо от того, что вы печатаете, программное обеспечение, используемое для подготовки к 3D-печати, позволяет теперь автоматизировать или иным образом оптимизировать многие из наиболее трудоемких аспектов настройки и подготовки конструкции, что обеспечивает высокоэффективные процессы 3D-печати.

Разумеется, время — это деньги, поэтому сокращение простоев, уменьшение срока перехода от проекта к продукту и повышение продуктивности имеют смысл. Но 3D-печать металлом может давать еще более прямой финансовый эффект.

## 2. Экономьте деньги: наращивание в противоположность стачиванию

Если ваша деятельность связана с механической обработкой, то вы знаете, сколько материала нужно для того, чтобы начать процесс обработки детали, и сколько его останется, когда деталь будет готова. Остальное — дорогостоящий лом. Его нужно убрать, перевезти, переработать и заплатить за то, что — в случае металла — в начале было дорогостоящим сырьем.

Когда вы печатаете металлические детали на 3D-принтере, вы наносите материал только там, где это необходимо. От-

ходы минимальны. Почти все исходные материалы используются в конечной детали (за вычетом созданных поддержек). Кроме того, при проектировании традиционными методами часто приходится добавлять ненужные материалы во избежание сложности или для обеспечения технологичности. Пневматический захват, который компания Materialise перепроектировала для 3D-печати алюминием, весил в итоге около четверти веса предыдущей версии и стоил менее трети своей прежней цены.

Более эффективное использование материала дает эффект цепной реакции. Например, оно обеспечивает более компактные производственные операции, поскольку надо покупать, хранить и перемещать меньше материала. Уменьше-

ние веса влияет не только на производство детали, но и на эксплуатационные расходы и производительность. Это особенно важно в аэрокосмической отрасли, где имеет значение каждый грамм (отправка одного килограмма на орбиту в настоящее время стоит 20 тысяч долларов США).

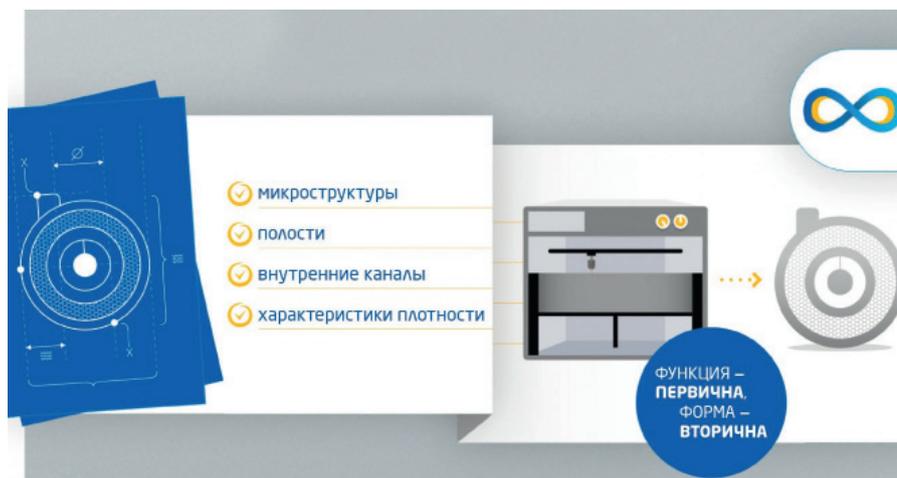
Другой существенный фактор, влияющий на стоимость, — это снова оборудование. Подумайте о том количестве специализированных инструментов, приспособлений, форм или шаблонов, которые участвуют в изготовлении деталей традиционными методами. Теперь представьте, что большинство из них остались в прошлом.

## 3. Делайте больше: одним выстрелом убиваем несколько зайцев

3D-печать разрывает фундаментальный шаблон в отношении работы с металлом: о том, что сложно — это плохо. В металлических деталях, напечатанных на аддитивной установке, сложность больше не приводит к удорожанию. Это означает, что вы можете сочетать разные функциональные возможности в одной детали, напечатанной на 3D-принтере, не опасаясь возрастания сложности этой детали.

Если раньше в вашей конструкции было несколько отдельных деталей, скрепленных болтами или сваренных, то теперь вы можете за один подход напечатать одну цельную деталь. И даже целые узлы. Это, в свою очередь, сэкономит расходы на сборку, а также на техническое обслуживание линии, так как при печати





узлов устраняются такие риски, как утечки или повреждение деталей из-за ошибки оператора во время сборки. Вы также можете расширить или улучшить функциональность, внося в проект дополнения. Аддитивные методы позволяют реализовать сложные внутренние структуры, решетки и каналы, улучшающие прохождение воздушного потока или подачу смазки. Внешние текстуры и рельефы поверхности могут быть созданы, например, для улучшения тактильных ощущений или сцепления, либо для соединения с другой деталью.

#### 4. **Делайте лучше: никаких ограничений**

Если раньше проект для запуска в производство мы создавали с учетом ограничений, которые накладывает литье или механическая обработка, то теперь 3D-печать позволяет нам поставить на первое место функции, а форму – на второе. Мы можем спроектировать деталь такой, какой она должна быть; теперь мы не зависим от инструментов, используемых при ее изготовлении. Подобное снятие ограничений позволяет подойти к проектированию деталей совершенно новыми способами и создавать формы и структуры, которые раньше были невозможны или слишком дорогостоящи. Открывается значительный потенциал для инноваций. 3D-печать подходит для применения в эволюционных проектах. Она дает возможность не просто ускорить выпуск конечного продукта, но и разработать итоговое проектное решение посредством быстрых итераций – с возможностью каждый раз испытывать реальную деталь. Это означает, что промежуток

времени между изготовлением каждого прототипа резко сокращается, что создает пространство для экспериментов и инноваций. Результат – наилучшее конечное изделие.



#### 5. **Сохраните свое конкурентное преимущество**

Все перечисленное выше будет способствовать поддержанию вашего конкурентного преимущества как производи-

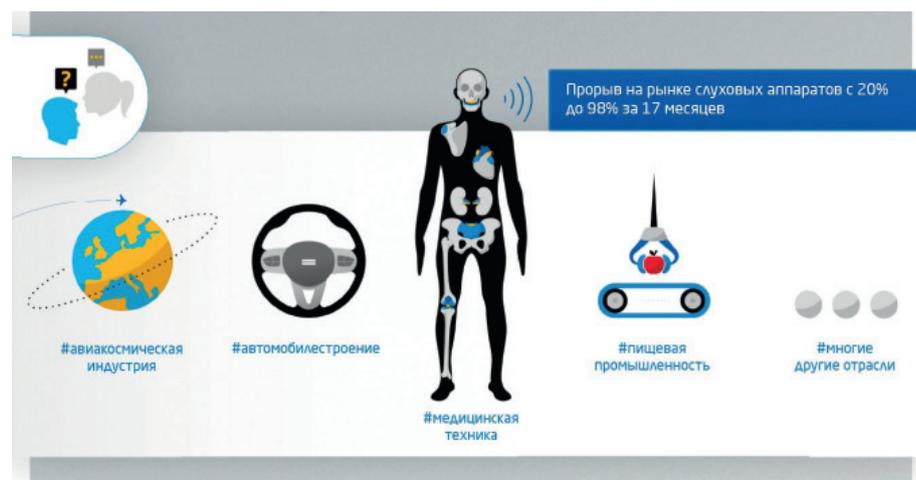
теля, конструктора или новатора, но кроме того 3D-печать предлагает новые возможности для дифференциации вашего ассортимента. Аддитивное производство изменяет все существовавшие представления об экономии на масштабах. Из-за низких первоначальных затрат экономичным становится выпуск изделий небольшими партиями, под заказ или с настройкой на массовую кастомизацию. Таким образом удастся предоставлять услуги в тех нишах, которые раньше были слишком дорогостоящими. Появляются новые возможности.

Потенциал для создания новых бизнес-моделей или стратегий развития продукта и свобода проектирования, которые дает 3D-печать, требуют нового, иного способа мышления. Точно так же, как мы научились проектировать детали для фрезерования, токарной обработки и литья, нам нужно научиться думать в категориях аддитивного производства. Тем не менее, вы можете ускорить свое обучение, начав с малого, и делиться историями успеха в своей команде или компании. Это гарантирует, что аддитивное производство станет естественной частью вашего инструментария.

3D-печать металлом находится на пороге перехода в разряд базовых технологий. Будьте на шаг впереди – начните внедрять проекты с использованием этого метода.

*Текст на русском языке подготовил Семен Попадюк, эксперт iQB Technologies*

*Опубликовано: [www.blog.iqb-tech.ru](http://www.blog.iqb-tech.ru)  
Оригинал материала: [www.materialise.com](http://www.materialise.com)*



Гравировально-фрезерные станки

**Cielle**® 

[www.cielle.ru](http://www.cielle.ru)

## Гравировальные станки портальной конструкции с дополнительным вертикальным рабочим столом

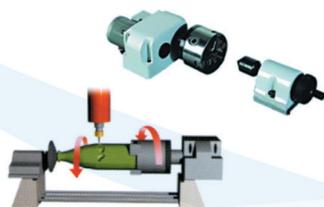
**Alfa 61/61**



### Сферы применения

- Гравировка линейных и круговых шкал
- Чистовая обработка сложных 3D-поверхностей
- Маркировка и гравировка на телах вращения
- Фрезеровка пазов и сквозных окон произвольной формы
- Изготовление корпусных деталей из «легких сплавов»

### Опции



Индексная  
поворотная головка



Система автоматической  
смены инструмента



Высокооборотный шпиндель  
(мощность 800 Вт)



Датчик настройки  
инструмента по оси Z



**Фирма ЛИР**®

Тел.: (495) 363-67-90, 8-800-200-67-90  
[www.ler.ru](http://www.ler.ru), [www.cielle.ru](http://www.cielle.ru), e-mail: [cielle@ler.ru](mailto:cielle@ler.ru)

Эксклюзивный дистрибьютор компании Cielle в России

# NANOCAD

## 10 лет

ИННОВАЦИИ  
В ЛУЧШИХ ТРАДИЦИЯХ



- ★ Чем уникален nanoCAD
- ★ История создания nanoCAD
- ★ Кто и как использует nanoCAD
- ★ Почему нам нужна отечественная САПР



Узнайте в спецпроекте «nanoCAD 10 лет» на сайте **NANOCAD.RU**  
А также получите ваш подарок – книгу «Путь к nanoCAD»