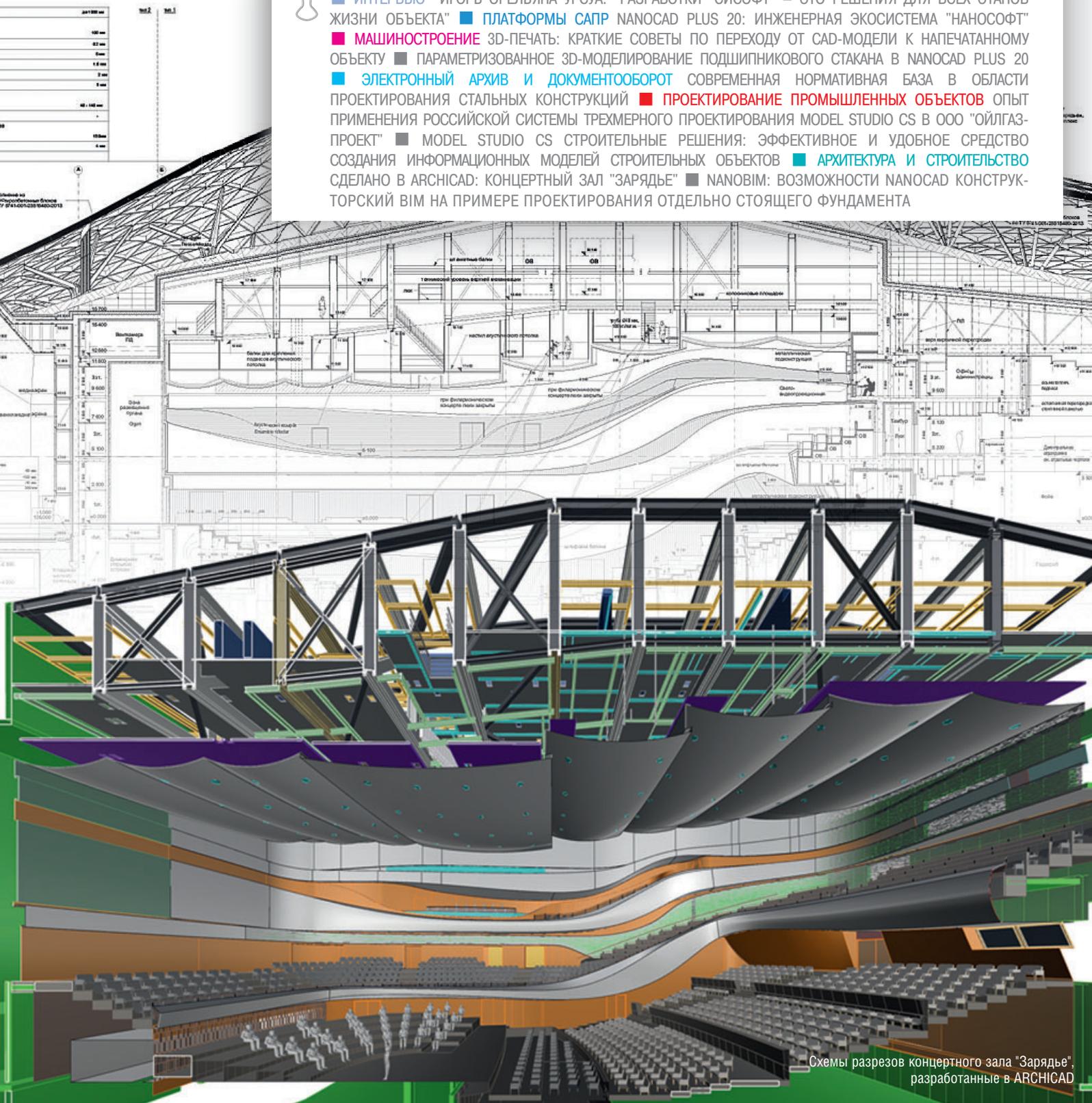




■ **ИНТЕРВЬЮ** ИГОРЬ ОРЕЛЬЯНА УРСУА: "РАЗРАБОТКИ "СИСОФТ" – ЭТО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВСЕХ ЭТАПОВ ЖИЗНИ ОБЪЕКТА" ■ **ПЛАТФОРМЫ САПР** NANOCAD PLUS 20: ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОСИСТЕМА "НАНОСОФТ" ■ **МАШИНОСТРОЕНИЕ** 3D-ПЕЧАТЬ: КРАТКИЕ СОВЕТЫ ПО ПЕРЕХОДУ ОТ CAD-МОДЕЛИ К НАПЕЧАТАННОМУ ОБЪЕКТУ ■ **ПАРАМЕТРИЗОВАННОЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ** ПОДШИПНИКОВОГО СТАКАНА В NANOCAD PLUS 20 ■ **ЭЛЕКТРОННЫЙ АРХИВ И ДОКУМЕНТООБОРОТ** СОВРЕМЕННАЯ НОРМАТИВНАЯ БАЗА В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ■ **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ** ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ СИСТЕМЫ ТРЕХМЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ MODEL STUDIO CS В ООО "ОЙЛГАЗ-ПРОЕКТ" ■ **MODEL STUDIO CS** СТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ: ЭФФЕКТИВНОЕ И УДОБНОЕ СРЕДСТВО СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ■ **АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО** СДЕЛАНО В ARCHICAD: КОНЦЕРТНЫЙ ЗАЛ "ЗАРЯДЬЕ" ■ **NANOVIM:** ВОЗМОЖНОСТИ NANOCAD КОНСТРУКТОРСКИЙ ВИМ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТДЕЛЬНО СТОЯЩЕГО ФУНДАМЕНТА





## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ С НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ



Единое  
информационное  
пространство  
NormaCS



Возможности  
интеграции  
с внешним ПО



Плавающая  
система  
лицензирования



Ежедневное  
обновление



Открытый API



НОРМААУДИТ



Сертификат  
соответствия  
Росстандарта



Создание баз  
собственных  
документов



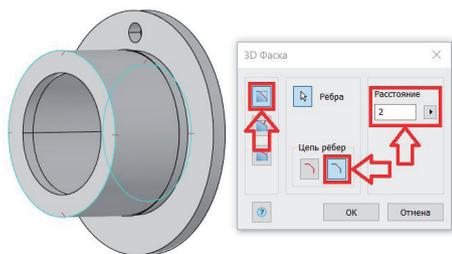
Автоматизация  
нормоконтроля

# СОДЕРЖАНИЕ

- **...и это интересно!** 2
- **Интервью**  
Игорь Орельяна Урсуа: "Разработки "СиСофт" – это решения для всех этапов жизни объекта" 4
- **Анн-Мари Уолтерс: "Информация должна быть доступна всем участникам на протяжении всего жизненного цикла объекта"** 6

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- **Платформы САПР**  
пapoCAD Plus 20: инженерная экосистема "Нанософт" 10
- **Машиностроение**  
Совершенствование совместного проектирования электромеханических узлов 14  
3D-печать: краткие советы по переходу от CAD-модели к напечатанному объекту 18  
Параметризованное 3D-моделирование подшипникового стакана в пapoCAD Plus 20 23



- **Электроника и электротехника**  
Цифро-аналоговое и смешанное моделирование в PADS Professional 36
- **Электронный архив и документооборот**  
Современная нормативная база в области проектирования стальных конструкций 42
- **Проектирование промышленных объектов**  
Опыт применения российской системы трехмерного проектирования Model Studio CS в ООО "ОйлГазПроект" 48  
Model Studio CS Строительные решения – эффективное и удобное средство создания информационных моделей строительных объектов 51
- **Архитектура и строительство**  
Сделано в ARCHICAD: концертный зал "Зарядье" 62
- **ARCHICAD и Excel: особенности автоматизации обмена данными** 69  
Лучшие проекты конкурса "Год в инфраструктуре 2019" 78  
Гетеборг: 3D-модель города для общественного обсуждения 92  
пapoBIM: возможности пapoCAD Конструкторский BIM на примере проектирования отдельно стоящего фундамента 94  
SCAD Office 21.1.9.5: новые возможности 97

## АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- **3D-принтеры**  
"3D-принтеры перестали быть чудом": Самарский университет овладевает SLM-технологией 106
- **Широкоформатные принтеры**  
Особенности УФ-печати, или Почему мы выбираем принтеры Mutoh 112
- **Режущие плоттеры**  
Автоматизация производства дорожных знаков и указателей с Summa F1612 116

**Главный редактор**  
Ольга Казначеева

**Литературные редакторы**  
Сергей Петропавлов,  
Геннадий Прибытко

**Дизайн и верстка**  
Марина Садыкова

**Адрес редакции:**

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

**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.

4

**ИГОРЬ ОРЕЛЬЯНА УРСУА:  
"РАЗРАБОТКИ "СИСОФТ" –  
ЭТО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВСЕХ ЭТАПОВ  
ЖИЗНИ ОБЪЕКТА"**



О программных решениях в области энергетики, российских проектировщиков, технологий сегодняшнего и завтрашнего дня беседуем с Игорем Орельяна Урсуа, исполнительным и техническим директором Группы компаний CSoft.

10

**nanoCAD Plus 20: ИНЖЕНЕРНАЯ  
ЭКОСИСТЕМА "НАНОСОФТ"**



Новая версия платформы nanoCAD Plus объединила двадцать программных продуктов для решения различных задач: проектирования конструкций и инженерных коммуникаций, землеустройства, машиностроения и т.д.

18

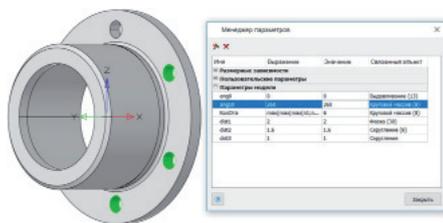
**3D-ПЕЧАТЬ: КРАТКИЕ СОВЕТЫ  
ПО ПЕРЕХОДУ ОТ CAD-МОДЕЛИ  
К НАПЕЧАТАННОМУ ОБЪЕКТУ**



Знакомимся с рекомендациями по использованию возможностей аддитивного производства на этапе проектирования, рассматриваем методики подготовки готового проекта к 3D-печати и осваиваем способы надежного крепления заготовки к столу принтера.

23

**ПАРАМЕТРИЗОВАННОЕ  
3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПОДШИПНИКОВОГО СТАКАНА  
В nanoCAD Plus 20**



Предлагаем вашему вниманию мастер-класс по созданию параметризованной 3D-модели средствами системы nanoCAD Plus 20.

42

**СОВРЕМЕННАЯ НОРМАТИВНАЯ БАЗА  
В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**



Участники Ассоциации развития стального строительства (АРСС) объединяют усилия для продвижения стальных конструкций в гражданском строительстве – в том числе благодаря устранению нормативных барьеров. О том, что уже сделано, и какие шаги Ассоциация планирует предпринять в ближайшем будущем, рассказывает руководитель проектов инженерного центра АРСС.

48

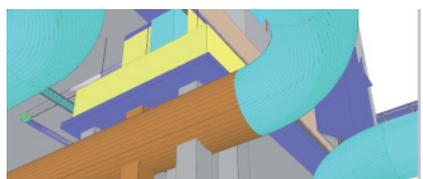
**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ СИСТЕМЫ  
ТРЕХМЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
Model Studio CS  
В ООО "ОЙЛГАЗПРОЕКТ"**



Практические результаты внедрения подтверждают, что Model Studio CS представляет собой наиболее удачное решение для проектной организации, желающей освоить трехмерное проектирование на основе nanoCAD или AutoCAD.

51

**Model Studio CS Строительные  
решения: ЭФФЕКТИВНОЕ  
И УДОБНОЕ СРЕДСТВО СОЗДАНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**



Исследуем возможности программного комплекса, предназначенного для быстрого и удобного информационного моделирования объектов промышленного и гражданского строительства, а также для выпуска проектной/рабочей документации.

62

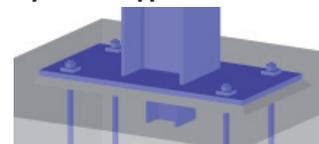
**СДЕЛАНО В ARCHICAD:  
КОНЦЕРТНЫЙ ЗАЛ "ЗАРЯДЬЕ"**



Московский концертный зал "Зарядье", расположившийся в одноименном природно-ландшафтном парке, признан одной из лучших концертных площадок мира. Об особенностях этого уникального сооружения и программных средствах, позволивших воплотить его в жизнь, говорят непосредственные участники проекта.

94

**nanoBIM: ВОЗМОЖНОСТИ nanoCAD  
Конструкторский BIM НА ПРИМЕРЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТДЕЛЬНО  
СТОЯЩЕГО ФУНДАМЕНТА**



Практикующий инженер-конструктор рассказывает о возможностях программы nanoCAD Конструкторский BIM на примере проектирования одного из распространенных строительных элементов: отдельно стоящего фундамента на естественном основании под трубопроводную эстакаду на площадке промышленного объекта.

# GRAPHISOFT® ARCHICAD 23

Изображение:

Центр гимнастики Ирины Винер-Усмановой  
в спорткомплексе Лужники, Москва, Россия.  
Автор проекта: ТПО ПРАЙД | [www.prideproject.pro](http://www.prideproject.pro)

## ВІМ В ОДИН МИГ

ARCHICAD 23 — это новый уровень в разработке и создании документации фасадов зданий. Новая версия содержит множество важных усовершенствований в области моделирования, управления информацией и 2D-производительности.

Информация об ARCHICAD, координаты дилеров, консультации по лицензированию:  
Тел.: +7(495) 645-8626, [graphisoft.ru](http://graphisoft.ru), [openbim.ru](http://openbim.ru).

## ➤ ИГОРЬ ОРЕЛЬЯНА УРСУА: "РАЗРАБОТКИ "СиСофт" – ЭТО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВСЕХ ЭТАПОВ ЖИЗНИ ОБЪЕКТА"

**В** последнее время немало сказано об импортозамещении и о конкурентоспособных отечественных разработках. Как обстоят дела с российскими САПР-решениями в области энергетики? Существуют ли системы, способные не только конкурировать с зарубежными аналогами, но и превосходить их?

О программных решениях, российских проектировщиках, технологиях сегодняшнего и завтрашнего дня мы беседуем с Игорем Оскаровичем Орельяна Урсуа, исполнительным и техническим директором Группы компаний CSoft.

*Игорь Оскарович, прежде всего несколько слов о Группе компаний...*

Компания "СиСофт" (ранее – Consistent Software) основана в Москве более 30 лет назад. Начинали мы с инновационного

программного обеспечения для обработки сканированных чертежей. С момента основания разрабатываем высокотехнологичное инженерное ПО. Организовали сбытовую сеть, занялись внедрением технологий – и со временем выросли в крупнейшую группу компаний, работающую в области автоматизации проектной деятельности и использования инженерных данных на протяжении всего их жизненного цикла.

*Ваши разработки – почему стоит выбрать именно их?*

Для начала немного статистики, она сама по себе весомый аргумент. С 1989 года создано более 60 приложений, которые применяются крупными, средними и малыми предприятиями в России и за рубежом. Количество выданных лицензий превысило за это время 1 миллион, раз-

мер коммерческой базы инсталляций составляет более 400 000 рабочих мест.

Среди 35 000 предприятий и организаций, использующих наши программные продукты, такие компании, как Boeing, BMW, Verizon, Shell, Toyota, Nippon Steel, Alstom Power, но самыми важными заказчиками были и остаются отечественные компании. Это "Роснефть", "Газпром", "Транснефть", "РЖД", "Алроса", "Ростехинвентаризация", "ФСК ЕЭС", предприятия ОАК и многие другие.

Мы предлагаем готовые решения для локальной и комплексной автоматизации. Все наши продукты адаптированы под российские стандарты и внесены в реестр отечественного программного обеспечения.

При локальной автоматизации отдельных рабочих мест наши продукты имеют практически нулевой срок внедрения: возврат инвестиций начинается в день установки программ, что является преимуществом перед любым зарубежным решением.

При комплексной автоматизации мы обеспечиваем полный цикл: поставку ПО, его настройку и адаптацию под стандарты предприятия, корректировку процессов в контексте электронного документооборота и совместной разработки информационных моделей.

Например, один из самых востребованных наших продуктов, комплекс Model Studio CS, реализует передовые технологии цифровизации объектов промышленного назначения и поддерживает принципы BIM в области создания и использования проектных данных, а также информационных моделей на этапах строительства и эксплуатации. Все это повышает конкурентоспособность и культуру производства. Если говорить о производственных процессах внутри проектных организаций и инженеринговых компаний, отметил бы мощную систему управления технической документацией TDMS, которая уверенно справляется со сложным техническим документооборотом, объединяя географически распре-



Первая в стране НПС, построенная на основе 3D-модели

ленные филиалы, заказчиков и подрядчиков, десятки терабайт документов и тысячи пользователей.

**Вы упомянули BIM. Последние несколько лет в России эта идея продвигается на разных уровнях, в том числе и на государственном. Как вы считаете, каковы перспективы применения этих технологий в энергетике?**

Действительно, наше правительство, министерства и даже первое лицо государства стараются поддержать самые передовые и перспективные решения, в том числе технологии информационного моделирования.

Вспомним пару исторических фактов. В сентябре 1974 года Чарльз Истман опубликовал работу "An Outline of the Building Description System. Research Report No. 50", некоторые из его идей легли в основу так называемой BIM. Чуть позже, в 1977-м, этой тематикой занялись и в СССР. В обоих случаях рассматривалось не конкретное программное обеспечение, а идея связности данных об объекте строительства и возможность применения данных, полученных на этапе проектирования, при строительстве и эксплуатации. К сегодняшнему дню термин "BIM" успел устареть и уже не отражает современного уровня развития технологий. В нашей стране официально признаны термины "ЦИМ" и "ТИМ" ("цифровая информационная модель" и "технология информационного моделирования"), разграничившие сами данные и процессы их создания.

В гражданской инфраструктуре опыт реального использования ЦИМ на протяжении всего жизненного цикла пока невелик. Другое дело промышленные объекты – тепловые и атомные станции, нефтепереработка, водоподготовка. Цифровые информационные модели производственных систем применяют здесь не один десяток лет. Только вместо понятия "BIM" чаще используют термины "4D", "5D", "6D" – суть от этого не меняется.

Следует понимать, что при всей своей 45-летней истории информационное моделирование – еще очень молодое направление развития строительной индустрии, особенно на фоне вековых традиций строительства. Конечно, его можно и нужно развивать. Цифровая информационная модель – это будущее строительной индустрии, она гармонично сочетается с самыми современными тенденциями развития, так называемой Четвертой промышленной революцией. Речь идет о качественно новом взаимодействии человека и средств производ-

ства, при котором сами системы инициируют определенные действия и самостоятельно управляют друг другом.

Пока картина выглядит иначе. Проектные организации и инженеринговые компании, разрабатывая проекты строительства и реконструкции промышленных объектов, создают информационные модели. Но при строительстве, пуско-наладке и эксплуатации объектов эти модели используются редко – проектировщики не могут в рамках действующих договорных условий адаптировать их под дальнейшие потребности своих заказчиков, а пытаются свою проектную модель, важную для выпуска документации, продать заказчику за баснословные деньги... В общем, отношения только формируются.

Программные и методологические разработки ГК "СиСофт" ценны тем, что отлично проявляют себя при создании и использовании информационных моделей для всех стадий – проектирования, строительства, эксплуатации. На этапе проектирования линейка продуктов Model Studio CS позволяет создавать комплексную модель, генерировать чертежи и спецификации, рассчитывать объемы работ, формировать объективную смету. При строительстве модель, совместно со специальными системами, послужит основой для решения задач логистики и поставок материалов, управления ресурсами, отслеживания хода строительства. В процессе эксплуатации наши информационные модели интегрируются с ТОПО и другими системами, помогая решать повседневные вопросы.

**Нужно ли заниматься импортозамещением?**

Нужно, причем не ради самого процесса, а исходя из практических интересов пользователя: и по цене, и по возможностям отечественное ПО чаще всего выгоднее зарубежного. А еще ради сохранения стратегического превосходства или хотя бы паритета в инженерном деле.

Любой здравомыслящий человек понимает, что информационная модель – это кладь актуальной технической информации об объекте. Поэтому, выбирая ту или иную систему, следует не только оценивать ее возможности, но и иметь в виду соображения информационной безопасности.

Недружественные действия ряда иностранных государств, их санкционная политика уже привели к тому, что крупные российские компании лишились возможности использовать американ-

ские ПО и технологии. Так что единственный способ избежать санкционных рисков, а также развивать отечественную инженерную школу – это совершенствование собственных систем информационного моделирования, покупка российского ПО и тесное сотрудничество с отечественными разработчиками.

**Что конкретно может предложить ваша компания проектным организациям, работающим в электроэнергетике?**

ГК CSoft может автоматизировать деятельность как институтов, проектирующих электросетевые объекты, так и объектов генерации. Мы предлагаем типовые автоматизированные рабочие места, которые позволяют создать информационную трехмерную модель, произвести расчеты и выпустить документацию.

Например, для проектирования ВЛ мы создали продукт Model Studio CS ЛЭП, сегодня это лидер рынка. Он позволяет рассчитывать и выпускать комплект документов воздушных линий электропередач всех классов напряжений (0,4-750 кВ), ВОЛС типа ОКСН и ОКГТ. Для проектирования подстанций, ЗРУ и ОРУ используются другие конфигурации: Model Studio CS ОРУ, Кабельное хозяйство, Строительные решения...

Если говорить об объектах генерации, то наши АРМы устанавливаются во всех отделах и позволяют создать всю модель: от трубопроводов высокого давления до внутриплощадочных сетей любого типа, все кабельные системы и строительные конструкции. Область применения программ – от котлована до мельчайшей детали, от небольших котельных до электростанций с газотурбинными установками и теплоэлектроцентралей.

Все АРМы на основе Model Studio CS поддерживают полноценную прямую интеграцию и имеют единое центральное хранилище технической информации, которое обеспечивает согласованность между проектными отделами и различными дисциплинами. Пользователи получают контролируемый доступ к информационной модели.

Автоматизация на основе АРМ, единая информационная модель, внедрение электронного технического документооборота, система планирования и электронные библиотеки нормативно-технической документации обеспечивают возможность существенно улучшить качество выпускаемой продукции, повысить управляемость и оптимизировать процессы проектирования.

*Интервью велa Ольга Казначеева*



## ➤ АНН-МАРИ УОЛТЕРС: "ИНФОРМАЦИЯ ДОЛЖНА БЫТЬ ДОСТУПНА ВСЕМ УЧАСТНИКАМ НА ПРОТЯЖЕНИИ ВСЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА"

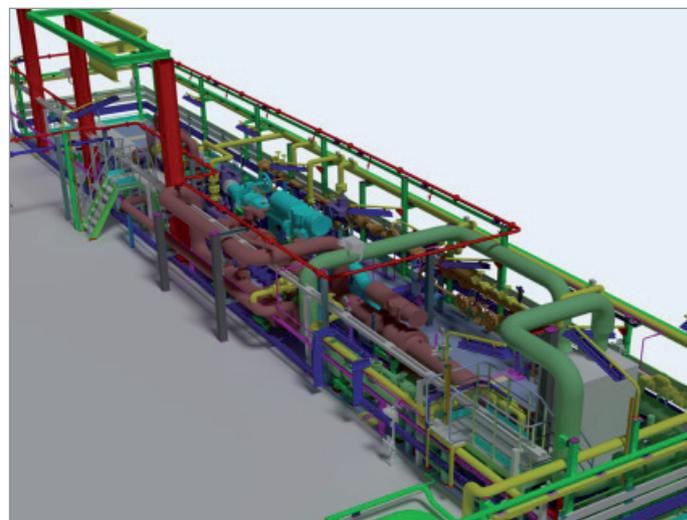
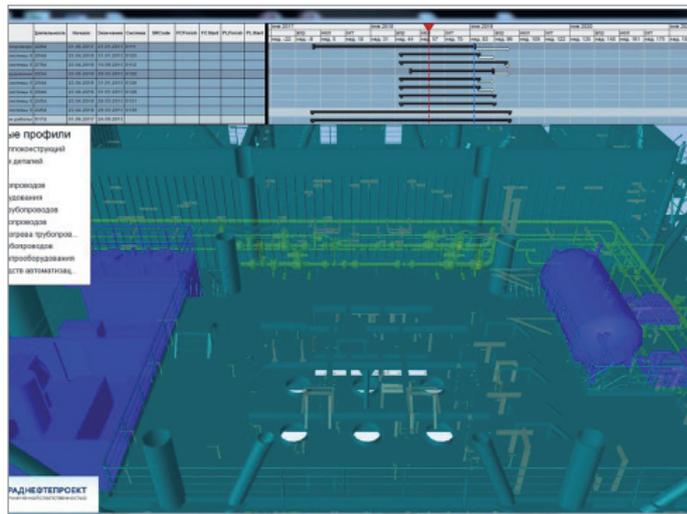
**В** феврале 2020 года Россию посетила директор по глобальному маркетингу компании Bentley Systems Анн-Мари Уолтерс (Anne-Marie Walters). Мы пообщались с ней, обсудив актуальные темы цифровых двойников и тренды в информационном моделировании при строительстве и эксплуатации объектов.

*Одной из основных целей вашего визита в Россию стало посещение компании "Волгограднефтепроект". Специалисты Bentley и жюри конкурса "Год в инфра-*

*структуре" высоко оценили их проект — 4D-моделирование при реализации технического перевооружения морских объектов на месторождении им. В. Филановского. Почему этот проект настолько интересен?*

Компания "Волгограднефтепроект" уже не раз представляла проекты на конкурс "Год в инфраструктуре". В новейшем из конкурсных проектов она выступила генеральным подрядчиком компании ЛУКОЙЛ и самостоятельно реализовывала все этапы: проектирование, инженерную часть, строительство и эксплуа-

тацию, показав эффективность совместной работы на различных стадиях жизненного цикла объекта. Проект полностью обеспечивает электроэнергией платформу на месторождении им. В. Филановского, гарантируя бесперебойную работу объекта. Во время моего визита в компанию я попросила специалистов "Волгограднефтепроекта" назвать три основных достижения проектировщиков. Первыми были упомянуты оптимальное расположение трансформаторов, огромных по размеру и весу, и минимальная длина используемых



Волгограднефтепроект.  
4D-моделирование при реализации технического перевооружения морских объектов  
(Россия, Астраханская область, Каспийское море)

кабелей. Пришлось решать очень сложные задачи транспортировки оборудования на платформу, его монтажа и эксплуатации. При необходимости возможна простая замена трансформаторов. Второй яркой особенностью стал монтаж оборудования аварийного отключения на оптимальном участке платформы, чтобы обеспечить безопасную работу месторождения. Третьим достижением оказался продуманный график отключения части оборудования на профилактику и очистку, позволяющий не останавливать работу всего объекта. Благодаря этим инженерным находкам, внедренным еще на этапе проектирования, эксплуатационные издержки снижены на 20%.

*Многие российские проектные организации считают своей главной задачей передачу заказчику проектной документации,*

*в лучшем случае 3D-модели. "Волгограднефтепроект" заинтересован не только в проектировании, но и в строительстве и эксплуатации объекта. В чем секрет их успеха?*

"Волгограднефтепроект" понимает, насколько важны актуальность данных, решение задач поиска коллизий на этапе проектирования, быстрое реагирование на запросы, взаимодействие с подрядчиками на основе трехмерной модели.

*Какие программные продукты "Волгограднефтепроект" использовал в своей работе?*

Первым стал AssetWise. На том этапе одной из главных задач была работа с информацией, все должно было быть сертифицировано. В дальнейшем компания использовала ProjectWise, OpenPlant, BRCM, ProSteel & Prostructures, SYNCHRO, ContextCapture.

*"Волгограднефтепроект" – первая российская компания, которая при создании цифровых двойников стала использовать технологии iTwin. Уже есть результаты?*

"Волгограднефтепроект" довольно давно, с 2015 года, работает с данными из разных источников в AssetWise, используя для синхронизации деятельности всех участников ProjectWise. Благодаря этому 100% информации представлено в цифровом виде. Цифровые двойники создаются в компании уже долгое время. Новые облачные технологии iTwin сделают эту работу проще, быстрее, позволят вести ее в режиме реального времени.

*Платформа на месторождении им. В. Филановского находится в Каспийском море. Как программное обеспечение Bentley помогает "Волгограднефтепроекту" соблюдать экологические нормы?*



Hatch.  
Проект завода по производству серной кислоты  
(Катанга, Демократическая Республика Конго)

Главной задачей, поставленной компанией ЛУКОЙЛ перед "Волгограднефтепроект", был нулевой слив в море. Это легло в основу проекта, учитывалось при строительстве и неукоснительно соблюдается при эксплуатации. Проект позволил построить морскую платформу с учетом всех экологических требований.

**Сейчас больше говорят о цифровых двойниках, чем о BIM. В чем отличие BIM 4 или BIM 5 от цифрового двойника?**

На самом деле есть только BIM нулевого, первого, второго и третьего уровней. Дальше это 4D-модель или 5D-модель уровня BIM 3. 4D-модель — это трехмерная компьютерная модель плюс время, в модели 5D добавляются еще и материалы. BIM — это проект объекта до его воплощения в жизнь. Цифровой двойник — виртуальное воспроизведение физически построенного объекта. Все изменения в физическом объекте отражаются в его цифровом двойнике. Для поддержания актуального состояния цифрового двойника используются сенсоры, дроны, специализированное программное обеспечение.

**Какие страны более всего продвинуты во внедрении цифровых двойников?**

Великобритания в первую очередь. Британцы были одними из первых, кто стал внедрять цифровые технологии на уровне государства, они же дали определение BIM 0, BIM 1, BIM 2, BIM 3. Продолжают лидировать и сейчас. В наши дни стало популярным понятие "Digitally build Britain", а это больше чем BIM, это и есть цифровые двойники. Второй продвинутой страной, установившей стандарты работы с информацией, прежде всего в сфере эксплуатации, использовании сенсоров и подобных устройств, стала Австралия. Различные организации, будь то железнодорожные компании, коммунальные хозяйства или государственные структуры, легко взаимодействуют благодаря принятым стандартам. Австралия на государственном уровне прописывает определения и стандарты, правила кибербезопасности. Это используется на практике, к этому привлекаются университеты: Квинслендский, Сиднейский и другие. Все заинтересованы в создании актуальных стандартов, в частности ISO 18101.

Быстрыми темпами развиваются страны, от которых мы этого даже не ожидали. В Демократической Республике Конго с помощью компании Hatch построен огромный завод по добыче медной руды и производству серной кислоты для производства меди. При этом для проекта сформирована 3D-модель, не было никаких чертежей. И если в среднем на строительство подобных объектов обычно уходит 12-18 месяцев, конголезцы запланировали сдать объект за полгода. В действительности, благодаря тому что они всё протестировали на модели, ввод предприятия в эксплуатацию и наращивание производства вместо обычных шести месяцев заняли лишь неделю! И это доказывает силу цифровых технологий. Если в европейских и других странах мы продвигались в области новых технологий постепенно, прокладывали сотни километров кабелей, то Африка сразу переходит на мобильные облачные технологии, минуя всевозможные промежуточные стадии. В Конго не было никакого продвижения этих технологий на уровне государства, просто созрела насущная необходимость.



Shell Chemical Appalachia LLC и Eye-bot Aerial Solutions.  
Проект Pennsylvania Chemicals  
(Монака, Пенсильвания, США)

### **Какую роль играют цифровые двойники в безопасной эксплуатации промышленного объекта?**

Мы уже говорили о преимуществах, которые предоставляет цифровой двойник реального объекта. В качестве еще одного примера хотелось бы привести большой химический завод в Пенсильвании, строящийся компанией Shell. Они используют программное обеспечение для моделирования реальности и два дрона, которые дважды в неделю совершают облет территории завода и передают данные в модель, позволяя уточнить текущее состояние строительства. Территория, выделенная предприятию, — 450 акров<sup>1</sup>. Предполагаемый срок строительства — четыре года. Завод расположен на берегу реки, недалеко от железной дороги. Были опасения насчет возможных наводнений и оползней, поэтому на этапе проектирования Shell использовала программное обеспечение, позволяющее обоснованно предполагать, где с учетом ближайшего прогноза ливней могут случиться наводнения. В результате было выбрано оптимальное место для строительства и спроектирована барьерная стена, позволяющая избежать последствий серьезной непогоды. Другой случай: на строительстве произошла авария, связанная с падением крана. Дроны сразу же облетели место падения, передали данные в модель, а специалисты быстро оценили ситуацию. Но все-таки главное назначение цифровых двойников — отслеживание текущей ситуации в строительстве и эксплуатации с помощью сенсоров или дронов, определение места, где может возникнуть проблема, и предотвращение этой проблемы, помощь в принятии решений. Объем современных данных огромен, всё просмотреть невозможно. Поэтому человеку нужно содействие в выборе, на

какие именно данные обратить внимание. Эти технологии позволяют экономить время и деньги. Цифровые двойники позволяют сортировать информацию, обеспечивают безопасность.

### **Какие проекты конкурса "Год в инфраструктуре" в категории "Торная промышленность и освоение шельфовых месторождений" впечатлили вас больше всего?**

Самый мой любимый проект — завод в Демократической Республике Конго, о котором мы уже говорили. Второй и не менее интересный — проект новой морской ветряной электростанции в Китае, выполненный с помощью всемирно известной компании Hatch. Это ледостойкое сооружение может быть интересно и в России. Китай принял специальную директиву по использованию природных возобновляемых ресурсов (солнечный свет, энергия ветра) для получения энергии. В соответствии с ней к 2030 году треть всей энергии, получаемой в стране, должна приходиться на эти источники. Организации получают государственное финансирование в том случае, если они используют возобновляемые источники энергии. За последние пять лет подобные ветряные электростанции стали очень популярны. Китай — мировой лидер по использованию таких источников производства электроэнергии.

### **Каковы основные тренды в информационном моделировании при строительстве и эксплуатации крупных объектов?**

Всем компаниям необходима максимально точная информация о строительстве и эксплуатации. Особенно обо всех изменениях, внесенных в проект на этапе строительства. Чертежи больше никому не нужны, требуются модель и данные. Информация должна быть доступ-

на всем участникам на протяжении всего жизненного цикла объекта. Заказчики хотят тратить меньше времени и денег на строительство, хотя бы все возможные проблемы были решены на этапе проекта. Чтобы построенный объект максимально соответствовал проекту. Многие компании жалуются, что у них уходит около года на запуск уже вроде бы готового объекта в эксплуатацию, так как не все данные внесены в финальную модель. Генеральный подрядчик должен передавать информацию заказчику в режиме реального времени. Перед началом эксплуатации очень важно научить специалистов управлению данными модели. Это надо делать еще на этапе строительства. Bentley и Siemens создали такой симулятор.

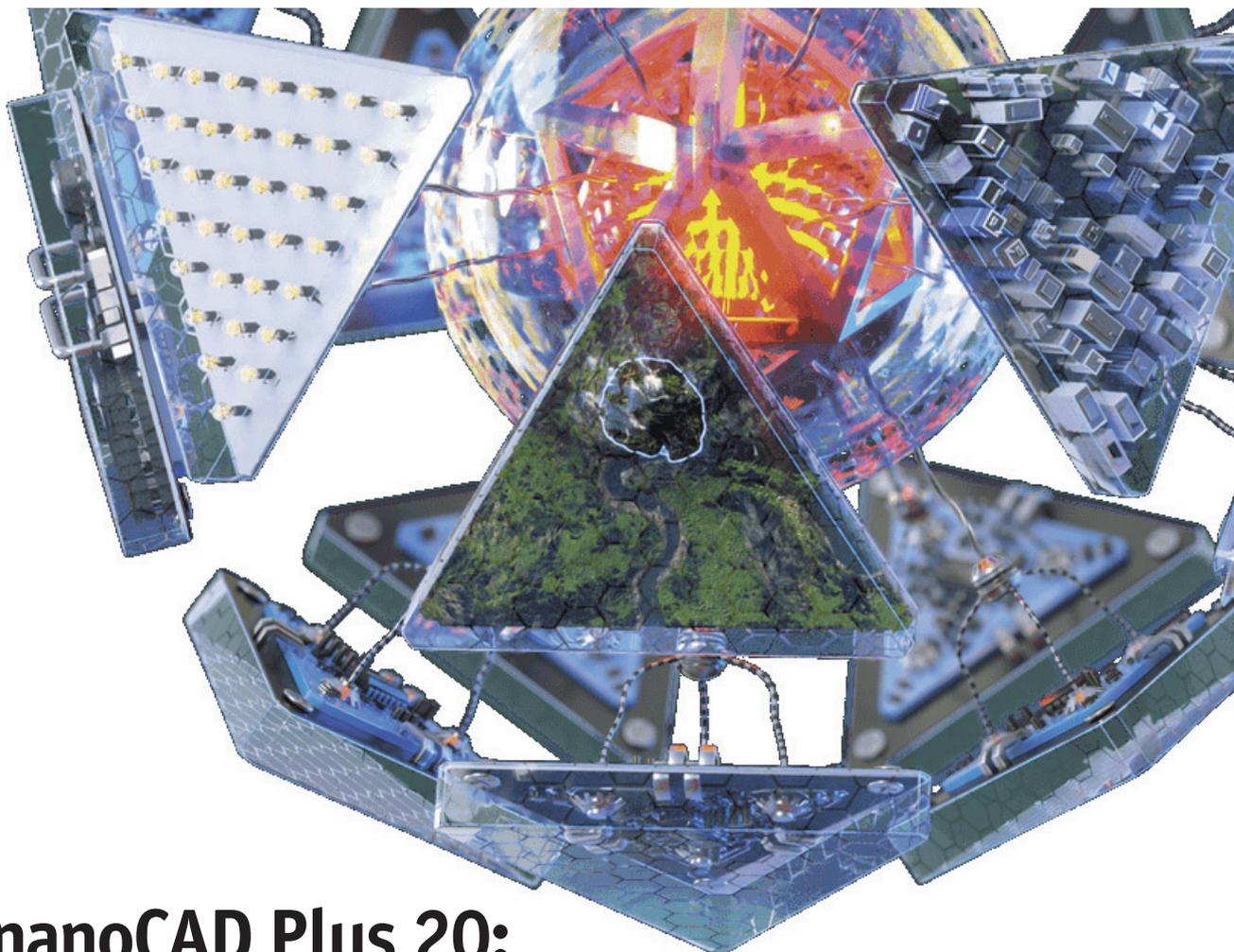
### **И в завершение, несколько отходя от темы, личный вопрос: ваши впечатления от посещения России...**

Я была потрясена, насколько в России популярен каршеринг. Когда я готовилась к поездке, думала, что мне понадобится для расчетов много наличных денег, и была приятно удивлена, что при оплате все пользуются бесконтактными картами и телефонами. В Америке мы подписываем слипы, у нас нет пин-кодов. В этой сфере Россия обогнала США. Очень понравилось, что люди дружелюбны, что многие любят ходить пешком. Отличная система общественного транспорта. Метро — великолепно! Но я заметила, что у вас не очень хорошо с переработкой мусора. Еще хотелось бы, чтоб больше людей говорили на английском...

*Интервью вела  
Ольга Казначеева*



<sup>1</sup> 182 гектара.



## ➤ nanoCAD Plus 20: ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОСИСТЕМА "НАНОСОФТ"

**Н**овая, двадцатая версия платформы nanoCAD Plus обозначила не только функциональный, но и технологический прорыв в области взаимодействия отраслевых продуктов "Нанософт". Инженерная экосистема "Нанософт" объединила двадцать программных продуктов, именно поэтому символом новой версии стал правильный двадцатигранник – икосаэдр, каждая сторона которого символизирует одно из специализированных приложений для решения различных задач: проектирования конструкций и инженерных коммуникаций, землеустройства, машиностроения и т.д.

В состав дистрибутива nanoCAD Plus 20 вошли как отдельные модули программные продукты nanoCAD СПДС и nanoCAD Механика, обеспечив пользователей настроенными строительной и машиностроительной конфигурациями платформы. Это значит, что любые вертикальные приложения, базируясь на nanoCAD Plus 20, смогут быть еще больше "зачерченными" на оформление документации по российским государственным стандартам.

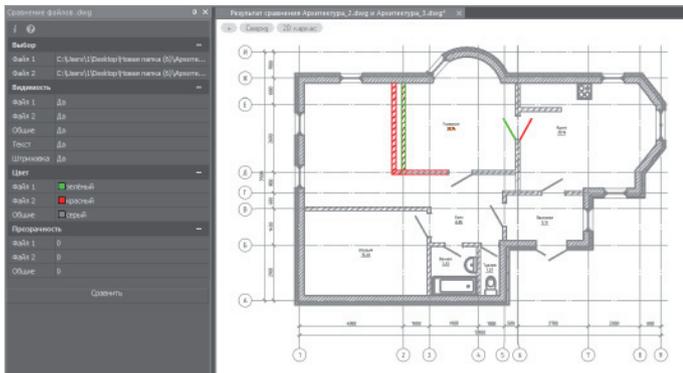
Список модулей nanoCAD Plus пополнился и специальным решением, ориентированным на крупных заказчиков. Мо-

дуль "Корпоративное управление" позволит САПР-менеджерам организаций централизованно настраивать и управлять по сети корпоративными настройками (СТП предприятия) на рабочих местах проектировщиков (используемые DWT-шаблоны, DWS-стандарты, SHX-шрифты, настройки инструментов по умолчанию, инструментальные палитры и т.д.). Перечислю несколько ключевых особенностей этого модуля:

- в качестве хранилища настроек можно использовать FTP-папку;
- файлы настроек хранятся локально (а значит со стандартами можно работать даже когда ответственный сотрудник, к примеру, находится в командировке);
- локальные данные и данные из хранилища синхронизируются (пользователь работает с актуальными стандартами предприятия даже находясь вне локальной сети);
- можно создавать различные группы;
- поддерживаются различные режимы работы модуля (например, режим, при котором у пользователей нет возможности вносить изменения в настройки стандартных папок).

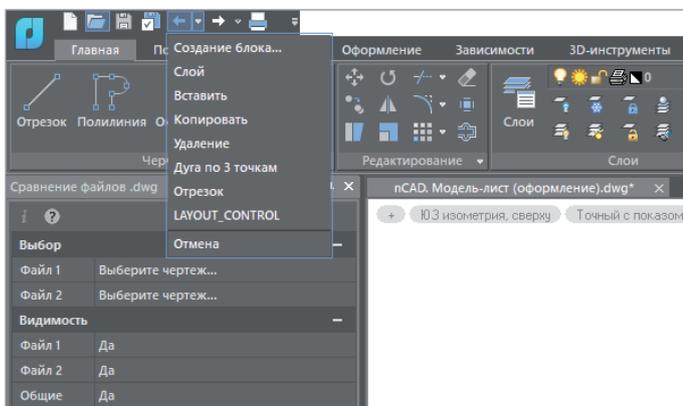
### Сравнение чертежей

Очень часто в процессе работы с \*.dwg-чертежами появляются многочисленные версии одного и того же документа. Для поиска изменений в разных версиях чертежей предназначена функциональная панель *Сравнение файлов .dwg*. При сравнении определяются объекты, которые были изменены, добавлены или удалены. Инструмент создает новый \*.dwg-файл, в котором отображает сходные и различные объекты сопоставляемых файлов, окрашивая их в разные цвета. Пользователю предоставлена возможность управлять отображением сравниваемых файлов: менять цвета, отключать часть геометрии или текста. Функция очень удобна при работе с 2D-графикой.



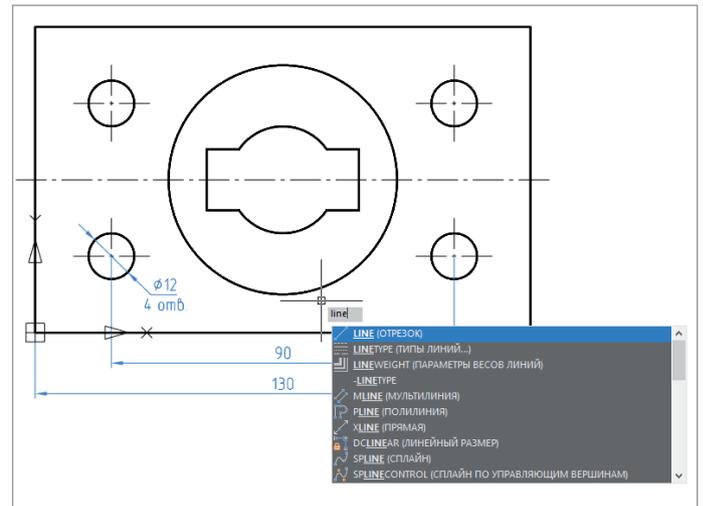
### Улучшенные возможности Undo/Redo

В 20-й версии nanoCAD Plus по многочисленным просьбам пользователей мы стали учитывать операции зуммирования и панорамирования для функций *Undo/Redo*. Кроме того, сохранение файла теперь не влияет на историю команд: вы сможете отменять действия даже после сохранения документа. Для тех, кто уже привык к работе в nanoCAD, мы сделали настройку, которая управляет режимом работы функции *Undo*. Появилась возможность видеть результаты отмены построений — достаточно провести курсором мыши по списку команд, и на экране будет виден результат отмены одной или сразу нескольких команд. Заметим, что это несколько не ухудшает производительность.

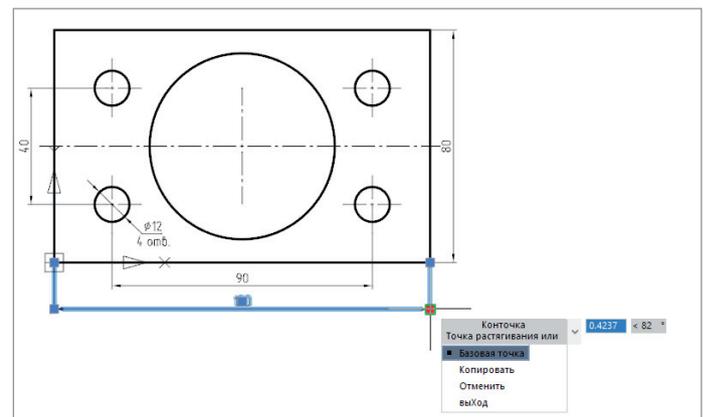


### Динамический ввод

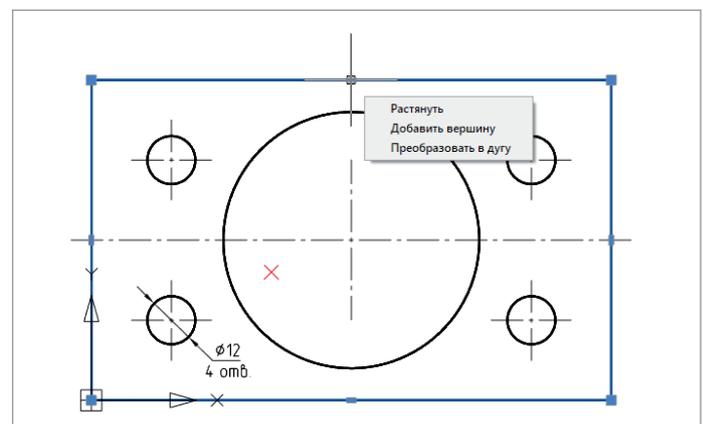
В новой версии мы продолжили развивать функции динамического ввода. Теперь командная строка тоже стала полностью динамической: просто начните вводить команду — и ввод нач-



нется рядом с курсором. Новинку особенно оценят пользователи больших или широкоформатных мониторов. Искать командную строку больше не придется...



Динамическими стали подсказки и опции команд. После вызова команды они также будут появляться возле курсора. Это добавляет интерактивности взаимодействию с программой и значительно упрощает работу начинающим пользователям. Появившиеся функции действительно выводят удобство работы в nanoCAD на новый уровень.



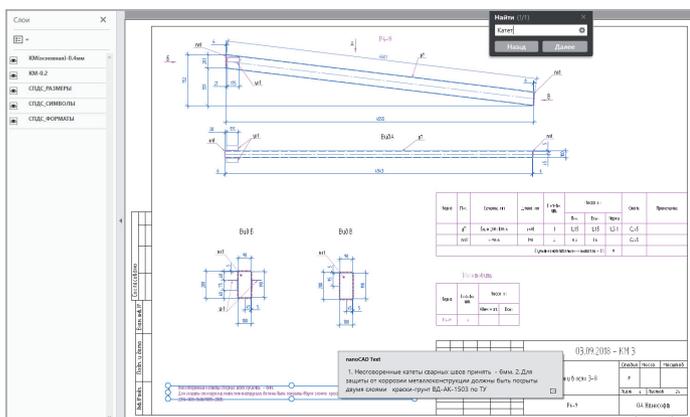
Перебор параметров многофункциональных "ручек" раньше был возможен только после выделения "ручки" и последова-



тельного нажатия клавиши *Ctrl*, которое меняло эти параметры (действие, совсем не очевидное для начинающего пользователя). В 20-й версии соответствующие параметры появляются еще и во всплывающем меню при наведении курсора на "ручку" объекта. Это интуитивно понятнее, в первую очередь новым пользователям САПР-систем.

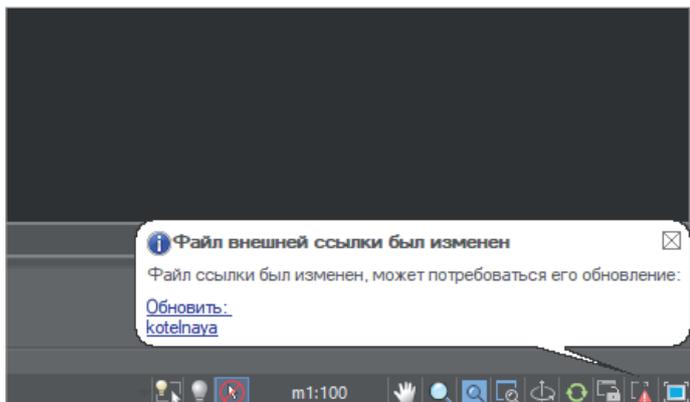
## Улучшение печати

Большинство пользователей САПР для оформления графической документации используют SHX-шрифты. При печати в PDF документов с SHX-шрифтами *napoCAD Plus* создает внутри PDF-файла примечания, по которым можно осуществлять поиск. Эта функция позволит пользователям формировать электронную документацию, которая соответствует требованиям госэкспертизы. Кроме того, в PDF теперь можно сохранять слои.



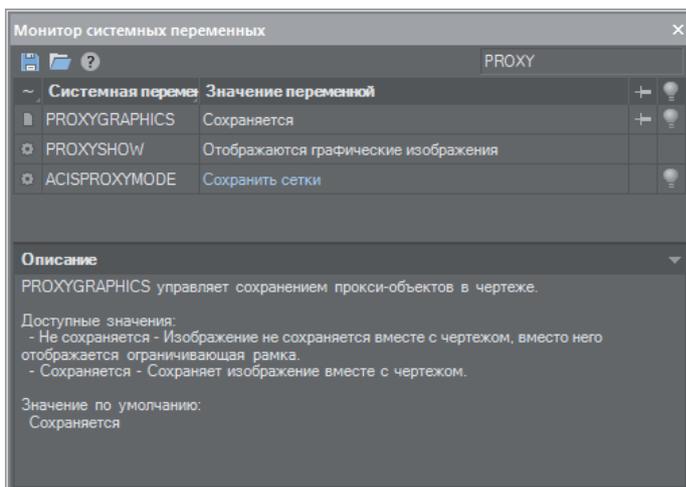
## Коллективная работа

В *napoCAD* появилась система оповещения об изменении внешних ссылок. Теперь при совместной работе с другими участниками проекта вы будете мгновенно получать уведомления об изменениях во всех файлах, которые используются в вашем чертеже как подложки или внешние ссылки (\*.dwg, \*.pdf, \*.dwf и другие форматы).



## Панель системных переменных

Панель системных переменных *napoCAD Plus* позволит вам контролировать и отслеживать все изменения скрытых параметров \*.dwg-документов, которые отвечают за поведение команд и настроек интерфейса. А значит в рамках организации

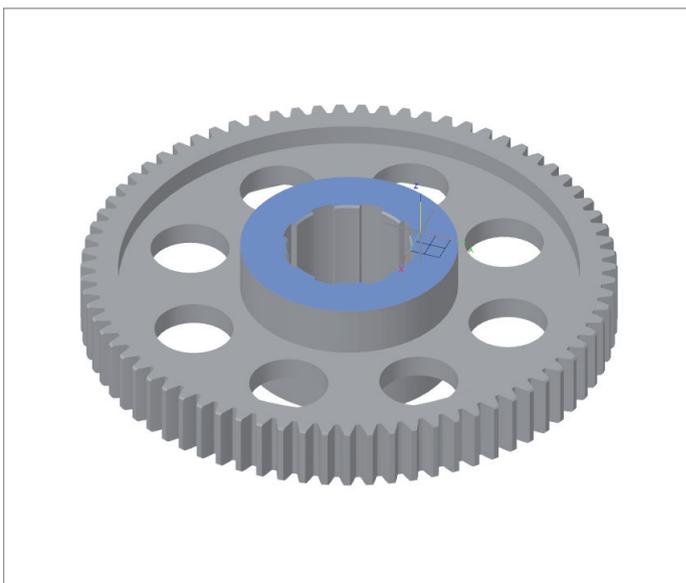


пользователи будут работать с более качественными документами, затрачивая меньше сил на борьбу с ошибками и непонятным поведением САПР. А САПР-менеджеры смогут сохранять список системных переменных с их значениями в отдельный файл таблиц \*.csv, включая эти настройки в корпоративный стандарт.

## Улучшения работы в 3D

### Динамическая ПСК

Динамическая ПСК позволяет легко создавать объекты на гранях трехмерных тел. Когда курсор мыши попадает на плоскую грань 3D-тела, *napoCAD* на время выравнивает плоскость XY ПСК относительно данной плоской грани. Это позволяет осуществлять привязку и построение на плоскостях без создания дополнительных ПСК, благодаря чему повышается удобство и скорость работы пользователей в 3D.



### Ограничивающая призма

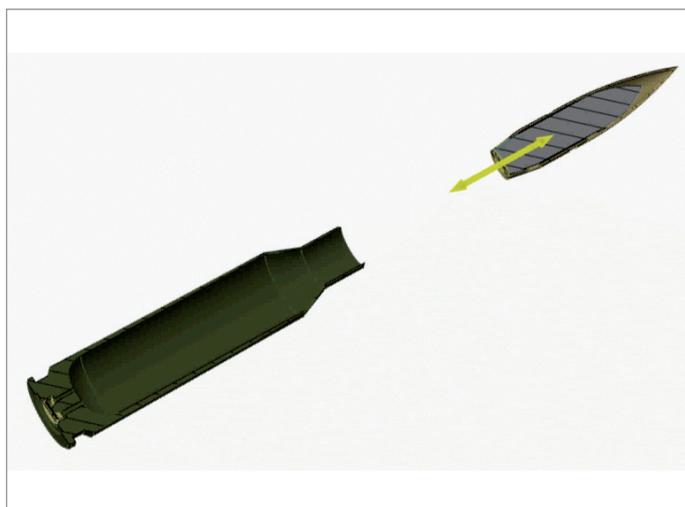
Специальная команда *MCLIP*, предназначенная для пользователей, работающих в 3D-пространстве, позволяет ограничить видимость объектов плоскостями. Изменять ограничивающую призму можно с помощью функциональных "ручек". Дополни-



ет этот инструмент новая специальная панель *Именованные виды*, которая позволяет сохранять настройки подрезки.

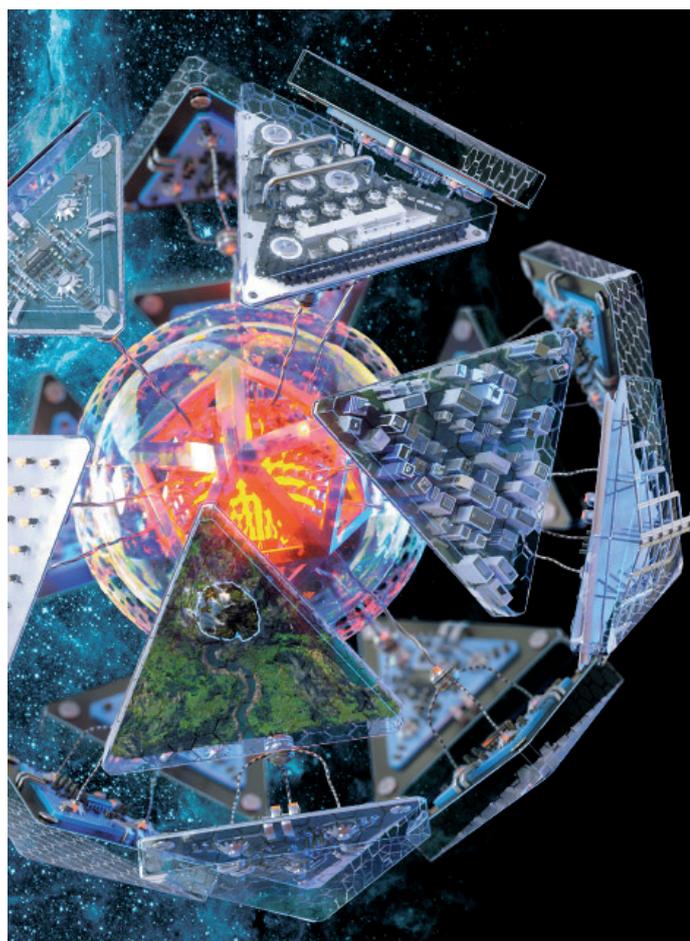
### 3D-зависимости и технология "Деталь – сборка"

В работе с функционалом 3D-моделирования на базе ядра C3D теперь используются 3D-зависимости, с помощью которых можно связывать трехмерные объекты в рамках одного файла, тем самым обеспечивая возможность создания сложных 3D-сборок. На основе истории 3D-построений можно вести конструкторский состав изделия и классифицировать 3D-объекты как детали и сборочные единицы. Это позволяет создавать сложные сборки внутри \*.dwg-формата. Никогда еще \*.dwg-среда не была настолько многофункциональной в части трехмерного моделирования.



Мы рассказали лишь о некоторых новинках и усовершенствованиях, реализованных в nanoCAD Plus 20. Скачайте новую версию на сайте [www.nanocad.ru](http://www.nanocad.ru) и ознакомьтесь со всеми изменениями на практике!

*Сергей Спирин*  
АО "Нанософт",  
руководитель отдела внедрения  
и интеграции базовых продуктов  
E-mail: [spirin@nanocad.ru](mailto:spirin@nanocad.ru)

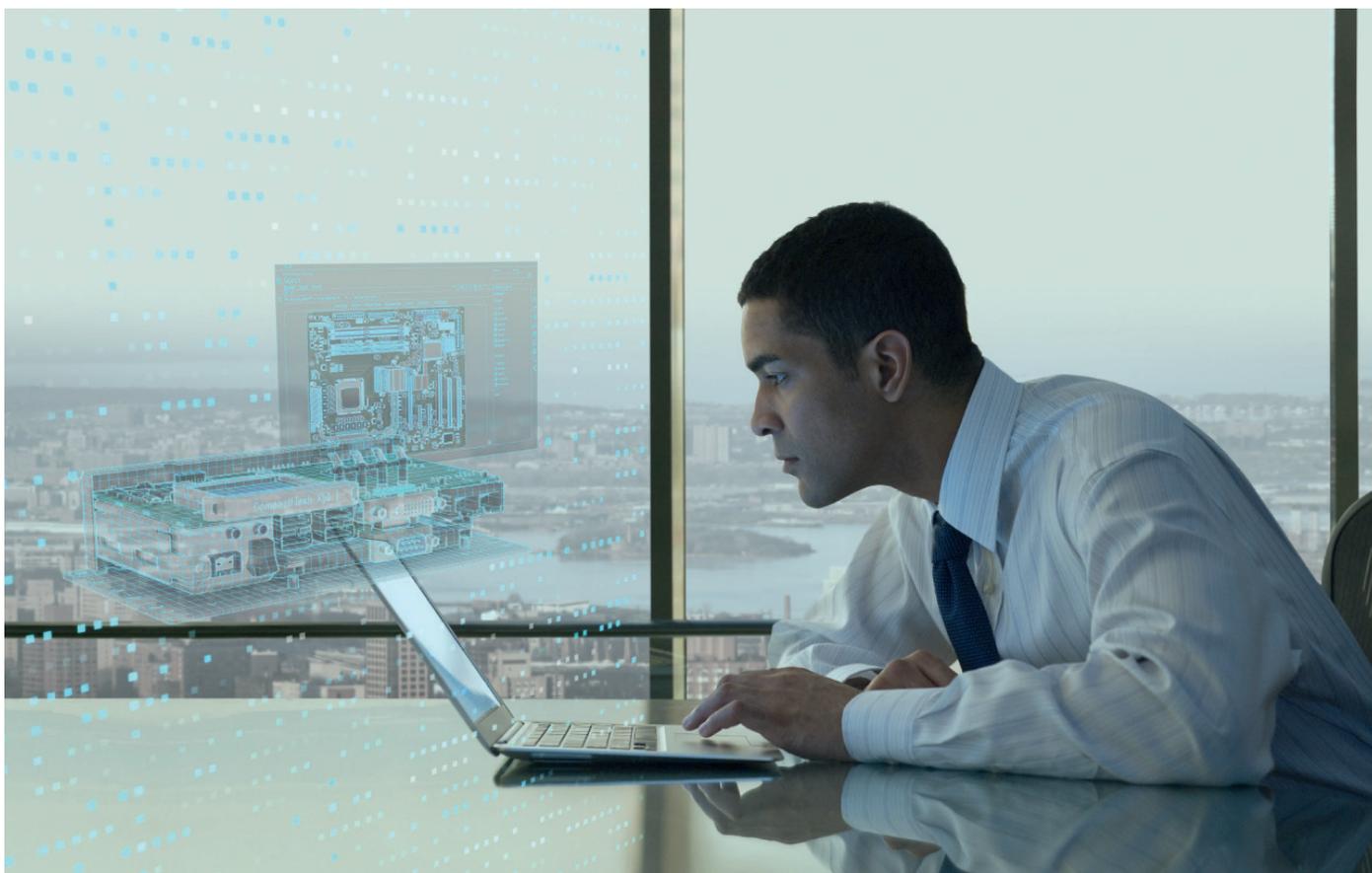


nanoCAD

20

СКАЧАЙ  
И ВЫИГРАЙ  
Яндекс.Станцию

Скачать



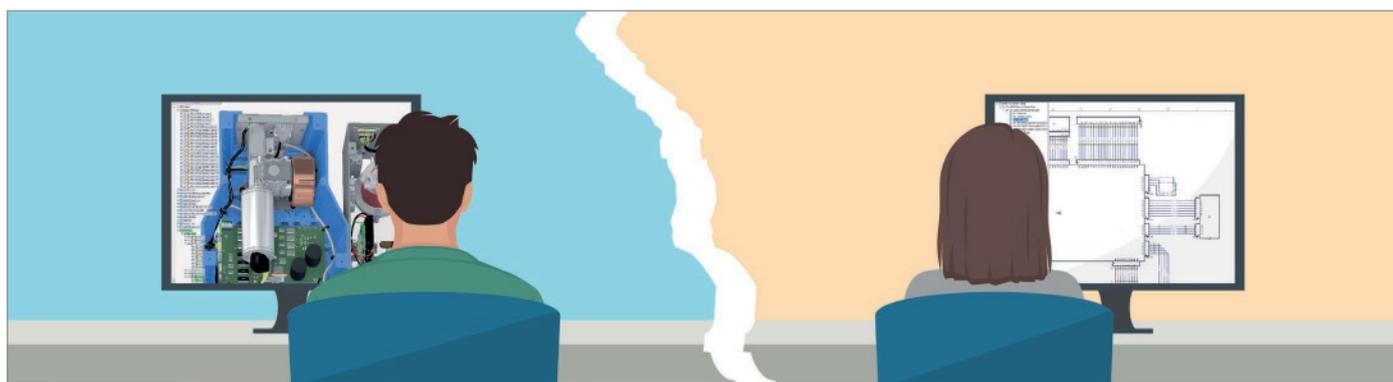
## ➤ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ

Современные заказчики, вне зависимости от отрасли, весьма требовательны: разрабатываемые изделия должны быть всё более интеллектуальными и функциональными. В связи с этим использование электроники в традиционных механических устройствах растёт беспрецедентными темпами, а все электронные компоненты должны быть физически соединены между собой и увязаны с общей компоновкой изделия. Сегодня практически в любое оборудование устанавливают датчики, чтобы объединить устройства в единый "умный" мир. Сигналы от этих датчиков передаются по проводам на встроенные блоки, приводы и антенны. Отдельные провода объединяются в жгуты. В итоге образуется настоящая "электрическая

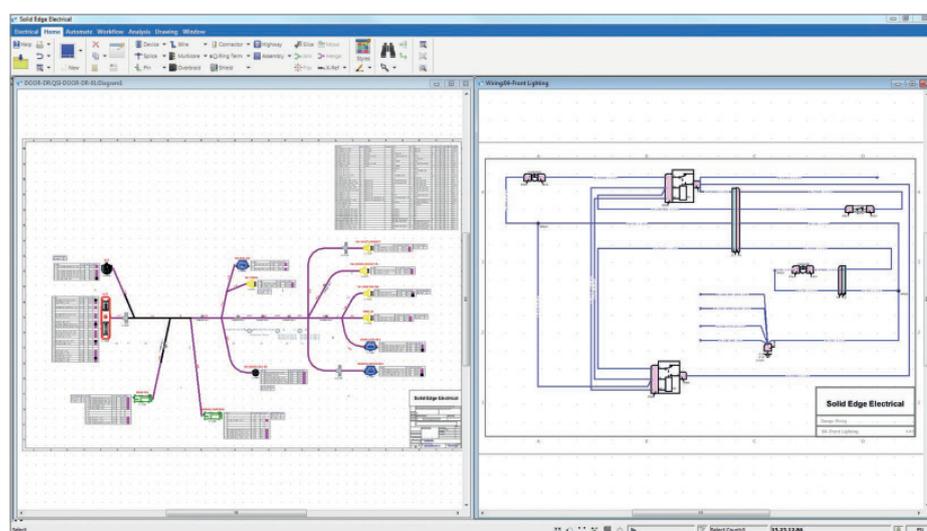
нервная система" современного изделия. Как результат того, что электроника и программное обеспечение начинают управлять механическими узлами конструкции, растёт сложность электро-механических систем, самые лучшие из существующих процессов проектирования быстро устаревают и становятся неэффективными, а конструкторам все труднее успевать за быстро меняющимися требованиями рынка. Сегодня уже невозможно просто передать готовый проект на изготовление опытного образца, чтобы проверить, работает ли изделие так, как задумано. Инженерам приходится выходить за пределы области своей специализации. Например, инженеры-механики нередко имеют дело с электрическим оборудованием, а инженеры-электрики — с механическим.

### Проблема – в разрозненности инженерных дисциплин

В отсутствие скоординированного процесса проектирования объединение систем изделия выполняется при изготовлении опытных образцов, то есть уже на завершающей стадии разработки. При этом ошибки, допущенные на таких поздних этапах, оказываются весьма дорогостоящими. Если их не удастся выявить до изготовления и проведения испытаний опытных образцов, компания несёт существенные издержки — как финансовые, так и временные. Кроме того, подобные ошибки способны сильно задержать выход нового изделия на рынок. Таким образом, на фоне все возрастающей сложности проектируемых изделий традиционное разделение процессов становится неэффективным.



Традиционное разделение процессов проектирования электрической и механической части изделий не позволяет синхронизировать отдельные части проекта



Не следует думать, что трассировка и изготовление жгутов проводки – простая задача

Это обусловлено рядом причин.

- Когда инженеры-электрики и инженеры-механики работают в различных системах проектирования, согласование даже простейших вопросов превращается в большую проблему. Например, для инженера-электрика провод – это линия на электрической схеме, а для инженера-механика тот же провод прокладывается на 3D-модели механического узла. Из-за разницы в подходах возникает непонимание, что вызывает появление ошибок и задержек в проектировании.
- При отсутствии согласования рабочих процессов инженеры-электрики разрабатывают комплект электроосхем, спецификации и чертежи. Затем инженеры-механики должны изучить документацию и выяснить, какие провода требуют трассировки по механическим узлам. Эти работы выполняются вручную, а значит возрастает риск возникновения ошибок.

Традиционное разделение процессов проектирования электрической и механической части изделий не позволяет синхронизировать отдельные части проекта: инженеры-электрики и инженеры-механики говорят на разных языках и пользуются разными инструментами. К тому же чаще всего их рабочие места разнесены территориально.

Следующая трудность состоит в том, что структура одного и того же объекта для проектирования электрической и механической частей представляется в CAD-системах по-разному.

В любой MCAD-системе электронный блок – это спецификация в виде крепежа, корпуса, печатной платы и разъемов. А в ECAD-системе тот же самый модуль – это функциональная или электрическая схема, то есть представление более высокого уровня, чем только физическая структура объекта. Для выполнения ряда функций электрооборудования задействуется сразу несколько печатных плат и разъемов, что не позволяет однозначно

связать конкретную функцию с конкретным физическим элементом изделия.

Чтобы обеспечить необходимую функциональность электрической части, требуются значительные трудозатраты. В ходе проектирования инженеры подбирают подходящие разъемы, клеммы, экраны, материалы проводов и пр. Кроме того, при разработке электрических систем приходится решать немало задач конструирования механических узлов. Необходимо тщательно выполнить трассировку электропроводки по изделию, учитывая при этом вопросы электромагнитной совместимости. Процесс трассировки должен исключать физическое пересечение электропроводки с деталями, правильно рассчитывать длины проводов (на основе реальных радиусовгиба) и учитывать другие факторы – например, корректный выбор точек крепления проводки.

В итоге, чтобы создать действительно хорошую электросистему, инженеры-электрики и инженеры-механики выполняют множество циклов проектирования. Им необходимо обмениваться проектными данными и работать в тесном взаимодействии.

Предпринимавшиеся ранее попытки поддержки такой совместной работы не принесли значительных результатов. Для интеграции ECAD/MCAD-систем применялось все что угодно: стикеры, электронная почта, файлы Excel. По понятным причинам подобные подходы были обречены на провал.

Спроектировать электрическую систему, используя комбинацию из универсального редактора для построения схем, электронных таблиц и 2D CAD-системы, в принципе, можно, но возникает немало рисков.

- Разрабатываемые в каждой из этих систем элементы никак не связаны между собой. Если в электрическую



схему вносят изменения и забывают о них, чертежи и спецификации не будут отражать новое проектное решение.

- Все элементы схемы, спецификации чертежа — это не более чем линии и символы. Выполнить численное моделирование и проверку функциональности систем с их помощью абсолютно невозможно. Если ошибочно выбран слишком малый номинальный ток предохранителя, инженеры не узнают о том, что предохранитель перегорит, до проведения испытаний опытного образца.
- В отсутствие автоматизации при переходе от электротехнического проектирования к трассировке электропроводки по механическим узлам инженеры-механики вынуждены вручную разбираться с документацией на электрическую систему, чтобы выяснить, где и какие жгуты проводов требуется проложить.

К счастью, появились новые технологии автоматизированного проектирования, которые успешно справляются с указанными сложностями. Интеллектуальные процессы ECAD/MCAD-проектирования поддерживают совместную работу специалистов, создающих электрическую и механическую части проекта. Численное моделирование прогнозирует характеристики электрической системы, что позволяет проверять и оптимизировать проектное решение, а перекрестная проверка конструкции в различных приложениях усиливает интеграцию.

### Новый подход к совместной разработке электрической и механической частей изделия

Проектирование современных электромеханических систем — непростая задача, которая представляет собой циклический процесс с широким перечнем ограничений. Предприятиям требуются новые автоматизированные и интеллектуальные решения, обеспечивающие совместную работу специалистов. Однако до сих пор многие отказываются развивать интегрированный процесс проектирования на основании того, что он требует значительных расходов. В этой связи необходимо задать другим вопросом: какие убытки возникнут, если изделие не выйдет на рынок в заданный срок?

Качество электрической части оказывает колоссальное влияние на успех или неудачу нового изделия, а численное моделирование и расчеты служат основой эффективного контроля проектных

решений на ранних этапах. Численное моделирование электрических систем в самом начале разработки способно выявить проблемы, требующие полной перераспределения всей базовой архитектуры электрической части.

Электрическая система тесно связана с механическими узлами, поэтому изменения в электрической части зачастую требуют внесения корректировок и в механическую часть.

Подобные изменения как в электрике, так и в механике гораздо проще и дешевле производить на самых ранних этапах создания изделия.

Внедрение новых интеллектуальных систем проектирования предоставляет разработчикам полный доступ ко всей информации об изделии. На основе этой информации выполняется численное моделирование — основа процессов проектирования интегрированных электромеханических систем. С его помощью сокращается потребность в опытных образцах, экономятся время и деньги.

Компьютерные методы моделирования и контроля проектных решений электрической части являются значительным шагом вперед в области проверки целостности конструкции. Возможности такого подхода значительно шире, чем при использовании традиционных опытных образцов.

### Типовой процесс интеллектуального проектирования

Инженер-электрик разрабатывает спецификацию на элементы электрической системы, которую затем интегрирует в эффективную среду трехмерного проектирования — например, Solid Edge® от Siemens Digital Industries Software. Подобная интеграция позволяет при проектировании электрической части учитывать ограничения, накладываемые механической конструкцией, указывает на наличие мест с повышенной влажностью, температурой и другими опасными факторами. С другой стороны, при проектировании механической части конструктор будет оставлять достаточно места для проводки, а также обеспечивать требуемые радиусы изгиба жгутов. Благодаря наличию междисциплинарного контекста инженеры-электрики и инженеры-механики быстро выявляют несоответствия между электрической и механической частями проекта.

Инженер-механик должен гарантировать, что жгут со всеми требуемыми проводами можно проложить в имеющемся пространстве. Однако моделирование

проводов в MCAD-системе — слишком сложная и трудоемкая задача. Вместо этого описание электрической системы создается в специальном модуле — таком как Solid Edge Wiring and Harness Design. Определенный на основе накладываемых механической частью ограничений максимально допустимый диаметр жгута проводки передается в модуль Solid Edge, который проверяет спроектированный жгут на соответствие данному диаметру. Для этого в модуле Solid Edge Wiring and Harness Design предусмотрена автоматическая проверка правил конструирования.

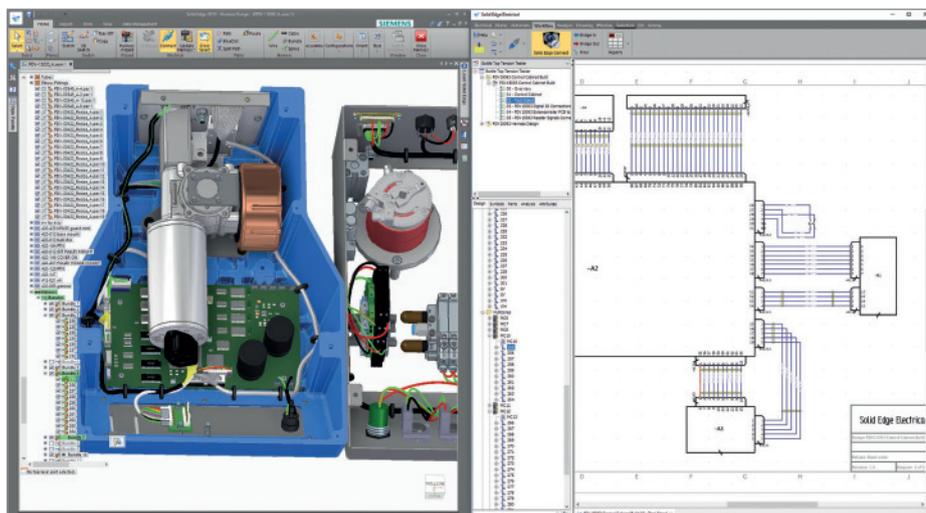
Если жгут оснащается хомутами, изолирующими втулками и усачными трубками, для учета их влияния также требуется междисциплинарное взаимодействие специалистов. Подобные объекты лучше всего создавать в 3D MCAD-системе, а затем добавлять к ним данные по электрической части, полученные из ECAD-системы. Такая ассоциативная связь позволяет автоматически проектировать жгуты проводки и точно определять их параметры.

По окончании совместной разработки каждый инженер получает четкое представление о том, как разработанная им часть проекта будет функционировать в составе всего изделия в целом.

### Интеллектуальный подход к проектированию электромеханических узлов

Модули Solid Edge для проектирования электрических систем ориентированы на предприятия среднего размера, для которых особенно важны такие параметры, как простота внедрения и низкая общая стоимость владения. Широкие возможности этой системы выходят далеко за рамки традиционных функций создания электромеханических узлов. В частности, модули выполняют численное моделирование токов и напряжений, выявляют такие ошибки, как короткие замыкания, рассчитывают номиналы предохранителей. Эти функции, а также возможности автоматизированного проектирования жгутов проводки и формирования документации в модуле Solid Edge Wiring and Harness Design помогают пользователям первенствовать в конкурентной борьбе даже при отсутствии большого опыта работы с подобными инструментами.

При совместном использовании с CAD-системой Solid Edge 3D модуль Solid Edge Wiring and Harness Design обеспечивает эффективную совместную работу



Функции перекрестной проверки в модуле Solid Edge Wiring and Harness Design

инженеров-электриков и инженеров-механиков.

- Вся информация об электрической части проекта передается в Solid Edge 3D, поэтому инженер-механик получает полный список размещаемых электрических узлов и соединений, требующих трассировки. Более того, Solid Edge "знает", какие элементы и каким образом должны соединяться, так что система выполняет 3D-трассировку проводов, кабелей и жгутов автоматически, снижая вероятность появления ошибок, вызванных действием "человеческого фактора".
- Обеспечена надежная передача изменений между электрической и механической частями проекта. Перекрестная проверка и визуализация позволяют осуществлять контроль прохождения сигналов непосредственно на 3D-модели, что помогает в подборе оптимальной трассы, исключаяющей возникновение электромагнитных помех. Изменения, вносимые кем-либо из инженеров в свою часть конструкции, сразу видят все остальные участники разработки. Это минимизирует количество проектных ошибок.
- Реализовано интерактивное выделение объектов. Выбранный инженером-электриком провод на электросхеме подсвечивается на 3D-модели механического узла. И наоборот: при выборе провода на 3D-модели он подсвечивается на электросхеме. Это значительно упрощает выявление и устранение междисциплинарных несоответствий.
- Интеллектуальные графики, спецификации и чертежи — это разные

представления одних и тех же элементов, разъемов или проводов. Любое изменение в одном из них автоматически отображается в остальных материалах.

- Инженеры-электрики теперь выполняют численное моделирование и расчеты, проверяя надлежащее функционирование разработанной системы. Численное моделирование способно выявить (причем задолго до испытаний опытного образца) состояние электрической системы, которое приведет к перегоранию предохранителя.
- Проектная информация передается в виде списка заданий для инженера-механика, занимающегося трассировкой электропроводки по изделию.

Модуль Solid Edge Wiring and Harness Design позволяет успешно решать проблемы проектирования электромеханических устройств. Интегрированное междисциплинарное решение основано на технологиях ведущего разработчика систем электротехнического проектирования Mentor Graphics, входящего в состав компании Siemens Digital Industries Software. Все решения для проектирования электрической части, включая модуль Solid Edge Wiring and Harness Design, созданы одним и тем же разработчиком и глубоко интегрированы, что было бы невозможно в случае объединения со сторонними приложениями или самостоятельно созданными дополнительными модулями. Совместное использование CAD-системы Solid Edge 3D и модуля Solid Edge Wiring and Harness Design помогает формировать электромеханические системы значительно быстрее и существенно дешевле.

Подведем итог.

Электрические системы играют важнейшую роль в большинстве современных изделий, обеспечивая необходимое питание электроники, а также точное и эффективное взаимодействие множества систем. Без надежных электрических систем такая продукция стала бы просто неработоспособной.

Электрическая система тесно связана с механическими узлами. Например, полное сопротивление проводника зависит от его длины и удельного сопротивления материала. В первых системах проектирования и расчетов электрической части длины проводов указывались вручную. По мере усложнения электрического оборудования ручные процессы ушли в прошлое, возникла тесная интеграция этапов разработки электрической и механической частей с едиными междисциплинарными моделями. Сейчас для этого применяется двусторонний интерфейс "ECAD-MCAD". ECAD-система предоставляет все необходимые атрибуты, включая точки, соединяемые каждым проводником. Затем MCAD-система выполняет трассировку провода, кабеля или жгута в 3D и передает фактические длины обратно в ECAD-систему. Такой междисциплинарный процесс существенно сокращает сроки проектирования.

Давно известно, что совместная работа значительно повышает производительность и помогает создавать высокоэффективные конструкции. Современные системы автоматизированного проектирования (CAD) и интеллектуальные инструменты позволяют инженерам синхронизировать данные и совместно работать над важнейшими междисциплинарными вопросами проекта. Благодаря этому удается наиболее полно реализовывать замысел конструктора и достигать успеха с первой попытки.

Высокоинтегрированная система электромеханического проектирования, такая как Solid Edge Wiring and Harness Design, обеспечивает совместную междисциплинарную работу, избавляя инженеров от необходимости постоянно проводить совещания, обсуждая ошибки, возникшие при ручном вводе изменений. Интеллектуальная методика проектирования позволяет в единой среде оценивать последствия изменений для электрической и механической частей. Благодаря этому у инженеров остается больше времени на решение основной задачи: создание инноваций.

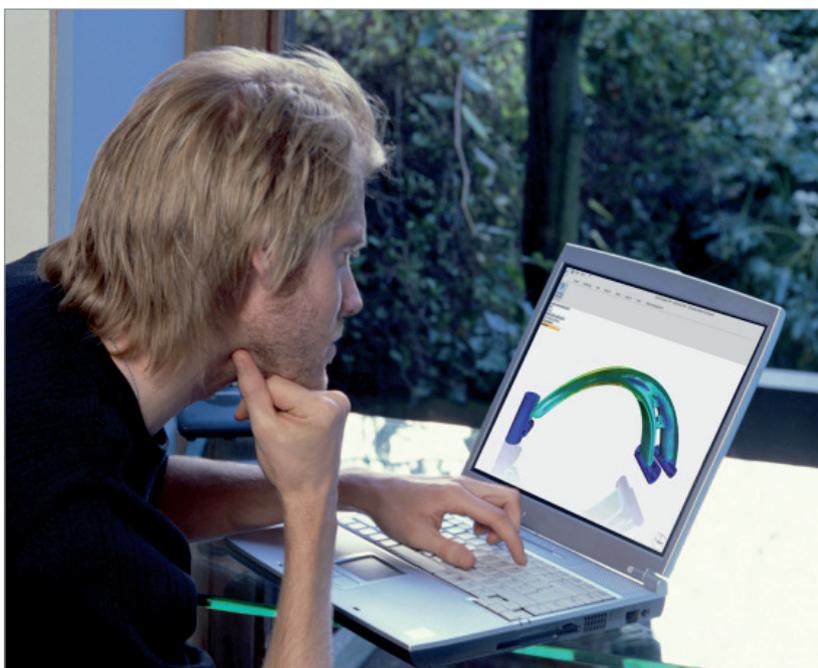
*По материалам компании  
Siemens Digital Industries Software*



## ➤ 3D-ПЕЧАТЬ: КРАТКИЕ СОВЕТЫ ПО ПЕРЕХОДУ ОТ САД-МОДЕЛИ К НАПЕЧАТАННОМУ ОБЪЕКТУ

**В** основе процесса трехмерной печати — будь это просто увлечение или источник дохода — всегда лежит конструкция изделия. Тем, кто привык к традиционным технологиям, придется перестраивать весь подход к проектированию и изготовлению продукции.

Когда проект готов, выполняется ряд дополнительных операций: задание ориентации модели и других параметров, обеспечивающих надлежащее выполнение процесса печати. Помимо этого, необходимо учитывать тот факт, что большинство 3D-принтеров позволяют выбирать степень заполнения модели ячейками структурами. Правильный выбор данного параметра обеспечивает защиту объекта от деформации и разрушения в процессе печати, а также существенную экономию материала и сокращение сроков изготовления.





Процесс 3D-печати

Наконец, последний фактор, влияющий на успех или неудачу процесса 3D-печати, — прочность соединения модели со столом. Если при печати заготовка отделится от стола, то вся работа пойдет насмарку.

Здесь мы расскажем о процессах 3D-печати и приведем ряд простых рекомендаций по использованию возможностей аддитивного производства на этапе проектирования. Кроме того, остановимся на методиках подготовки готового проекта к печати, а также рассмотрим способы надежного крепления заготовки к столу.

Приведенные рекомендации касаются в основном принтеров, использующих технологию послойного наплавления (FDM), но могут пригодиться и при работе с принтерами других типов. Процесс получения готовой детали методом 3D-печати в принципе одинаков независимо от используемого метода.

### Проектируем объект

Любая 3D-печать начинается с конструирования. Если вы разрабатываете изделие самостоятельно, то требуется построить его 3D-модель в системе автоматизированного проектирования (CAD), чтобы превратить замысел конструктора в реальность. При этом объект может быть как совсем простым, так и очень сложным. Однако следует избегать слишком тонких и слишком малогабаритных моделей.

### Сохраняем файл в специальном формате для печати

Чтобы напечатать объект, его модель необходимо сохранить в файле специального формата — например, STL, который де-факто стал стандартом в мире трехмерной печати. В этом формате поверхности модели представляются в виде сетки из треугольников. Простые поверхности разбиваются на небольшое число треугольников. Чем сложнее по-

верхность, тем больше треугольников понадобится. Сегодня в 3D-печати применяются и другие форматы, в частности, разработанный корпорацией Microsoft формат 3MF. Но самым распространенным по-прежнему остается STL.

CAD-системы позволяют очень просто сохранить модель в нужном формате: достаточно выполнить команду *Сохранить как*. Для повышения качества печати желательно задать ряд настроек сохранения в формат STL — например, допуск при преобразовании и угол плоскости. Чем меньше коэффициент преобразования и чем лучше подобран угол, тем более гладкой получится напечатанная деталь.

### Открываем файл в программе-слайсере

В комплект большинства, если не всех, 3D-принтеров входят собственные программы-слайсеры. Слайсер загружает созданный в CAD-системе файл формата STL и разрезает его на слои, а затем создает управляющую программу для работы принтера.

### Правильно размещаем модель в пространстве печати

После ввода параметров печати модель (или несколько моделей) требуется разместить на столе принтера. На одном столе можно печатать сразу множество объектов. При этом по сравнению с печатью одного объекта время несколько увеличивается, но в целом все равно оказывается меньшим. Ниже мы приведем советы по выбору правильной ориентации модели.

### Задаем параметры

В программе-слайсере пользователь задает такие параметры, как скорость печати, расход материала, температуры сопла и рабочего стола. В большинстве слайсеров предусмотрены простые настройки для начинающих. При этом ча-

ще всего имеются и расширенные настройки, чтобы опытные специалисты могли добиться оптимальных результатов. К расширенным настройкам относятся процент заполнения, количество опорного материала и тип опорной подложки или рафта (это небольшое тонкое основание, поддерживающее устойчивость печатаемой детали. По окончании ее изготовления подложка удаляется). Число вариантов поистине бесконечно. Конкретные значения настроек зависят от марки принтера. Задать их достаточно просто.

### Отправляем управляющую программу на принтер

После задания параметров печати, мест размещения будущих объектов на столе, их ориентации и качества пора, наконец, запустить принтер. Достаточно нажать кнопку *Печать* и найти себе какое-нибудь занятие, пока идет изготовление. В зависимости от сложности конструкции процесс занимает от нескольких минут до нескольких часов.

### Выполняем окончательную обработку

Окончательная обработка включает в себя снятие напечатанной детали со стола, а также удаление опорного материала путем его выплавления, механического отделения или растворения (в зависимости от конструкции принтера). Деталь может потребовать легкой шлифовки или полировки, но в целом правильно напечатанный объект с самого начала выглядит неплохо. Другие виды окончательной обработки — помещение пластиковых деталей в емкость с ацетоном для сглаживания шероховатостей поверхности, склеивание (если размеры конструкции превышают габариты 3D-принтера либо отдельные элементы объекта должны иметь различную ориентацию), сверление отверстий и покраска.



## Учет возможностей 3D-принтера при проектировании

### Устраняем острые углы

Если направление поверхностей резко меняется (например, вертикальная стенка пересекается с горизонтальным перекрытием), то такую модель напечатать сложно. Принтер будет строить внутренние поверхности избыточной толщины, расходуя слишком много материала. Существует два простых способа не допустить этого: добавить фаски, чтобы сгладить места стыка поверхностей, либо скруглить углы, чтобы принтер постепенно начал строить вертикальную поверхность. Кроме того, скругления повысят прочность, так как разрушение чаще всего происходит по острым углам.

### Устранение тонких стенок и мелких элементов геометрии

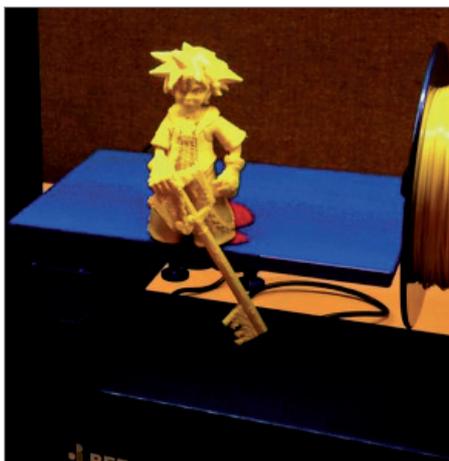
Технология послойного наплавления заключается в подаче горячего пластика через сопло с формированием печатаемого объекта слой за слоем. Толщину выдавливаемого слоя пластика невозможно сделать меньше определенного предела, зависящего от диаметра сопла и скорости движения печатной головки. Чрезмерно тонкостенные детали печатаются с трудом — нередко в результате получается хаотическое переплетение волокон. Если же деталь и удастся напечатать, она получается очень хрупкой и легко ломается.

### Слишком толстые стенки — тоже плохо

С другой стороны, если стенки слишком толстые, то они становятся хрупкими и легко трескаются. Это особенно важно при печати из других материалов, кроме полимеров, так как в процессе изготовления избыточная толщина ведет к появлению внутренних напряжений в детали. Даже при печати из пластмасс на слишком толстые стенки бесполезно тратится материал при большом расходе времени.

### Устраняем крупные нависающие элементы

3D-принтеры позволяют создавать потрясающие формы и поверхности, но они не способны печатать прямо в воздухе. Если в детали имеется пустота с материалом над ней, приходится применять дополнительный опорный материал. Большинство слайсеров выполняет добавление материала автоматически, но требует задания ориентации и объема опорной конструкции. Принтеры с одним соплом создают массив из тонких



столбиков, которые затем приходится обламывать. В итоге получается недостаточно гладкая поверхность. Поэтому рекомендуется по возможности избегать крупных нависающих элементов, чтобы сократить потребность в опорном материале.

Если же такой элемент неизбежен, можно попробовать перевернуть объект. Большинство принтеров способно печатать нависающие элементы с углом порядка 45 градусов. При определенной высоте ребро такого элемента может не только провисать. Реальные возможности конкретного принтера определяются методом проб и ошибок.

### Отверстия усаживаются

Помните, что деталь изготавливается из нагретого пластика. При остывании он неизбежно усаживается. Поэтому отверстия и другие критически важные конструктивные элементы приходится делать больше, чтобы после усадки их размер оказался максимально близким к требуемому.

Однако если необходимо выполнить отверстие с жестким допуском, лучше напечатать его меньшего диаметра, а затем развернуть подходящим инструментом. Это особенно касается отверстий, ось которых параллельна столу принтера.

### Увеличиваем площадь опоры

Если площадь соприкосновения объекта с основанием мала, может произойти отделение детали от стола прямо в ходе печати. Чтобы этого не произошло, опорам модели добавляются широкие основания, устанавливаемые на стол принтера. В целом, чем ближе к столу, тем больше материала надо добавлять к опоре. Существуют и другие способы надежного крепления детали на столе, которые мы обсудим немного позднее.

## Специальные приемы

Правильный подход к проектированию упрощает печать. Помимо этого, существуют особые приемы последующей обработки, о которых важно знать.

### Располагаем круглые поверхности вертикально

Модель следует ориентировать таким образом, чтобы использовать минимальное количество опорного материала. В идеале она должна опираться на стол большой плоской гранью. Кроме того, круглые геометрические объекты должны размещаться так, чтобы круглые грани располагались вертикально. Если посмотреть на стол принтера сверху, мы должны видеть круглый силуэт объекта. В этом случае деталь выйдет максимально симметричной с образованием прочной круглой конструкции.

### Вертикально размещаем пустоты и отверстия

Если в модели есть пустоты (например, это труба прямоугольного сечения), желательно размещать такие пустоты вертикально, чтобы уменьшить объем опорного материала. Если печатать трубу в горизонтальном положении, то придется обеспечивать поддержку всей внутренней части. Если поставить трубу на торец, то никакой поддержки не требуется вообще.

Это верно и для отверстий: для получения отверстия с прямолинейной осью лучше всего печатать его вертикально — в виде стопки колец, что позволяет избежать коробления или деформации круглого отверстия в овальное.



### Задаем параметры качества печати

Правильный подбор параметров печати — таких как допуск преобразования в формате STL и настройки программы-слайсера — позволяет изготавливать детали с качеством поверхности, соответствующим качеству при обработке резанием. Однако это влечет за собой увеличение времени печати. При выборе параметров качества следует исходить из назначения объекта: он представляет собой готовое изделие или опытный образец? Будет ли деталь видимой или скрытой?

Параметры качества также влияют на форму отверстий в детали. В CAD-файлах отверстия представляются набором прямых линий, расположенных под углом друг к другу. Чем выше качество модели в сохраненном STL-файле, тем меньше окружность похожа на многоугольник.

### Уменьшаем толщину слоев

Для получения наилучшего качества, особенно при использовании технологии послойного наплавления, требуется уменьшать толщину слоев. Это действительно повышает время печати, но конечный результат стоит того!

### Оптимизируем заполнение ячеистыми структурами

С точки зрения прочности объекты не обязательно должны быть сплошными. Аналогично пчелиным сотам, принтеры могут создавать ячеистое заполнение, позволяющее достичь баланса между прочностными характеристиками и экономией дорогостоящего полимерного материала. Однако если напечатанная деталь служит опытным образцом для испытаний на прочность, а серийное изделие будет изготавливаться традиционными методами, а также в случае воздействия на деталь определенных видов механических напряжений и давления, предпочтительной будет сплошная конструкция.

### Выбираем материал

Успех печати во многом зависит от правильного выбора материала. Материалы имеют разные свойства. Например, температура плавления термопластичного полиуретана (TPU) и полилактидной кислоты (PLA) ниже, чем у акрилонитрилбутадиенстирола (ABS). Кроме того, материал учитывается при выборе типа опорных конструкций. У объекта из полилактидной кислоты опорные элементы допускается изготавливать из

той же полилактидной кислоты, так как их будет достаточно легко отделить от готовой детали. Если деталь печатается из ABS-пластика, то опорные элементы требуется изготавливать из другого материала, а в деталях из термопластичного полиуретана такие элементы лучше вообще не применять.

### Ячеистое заполнение

Сплошное тело — не всегда наилучший выбор при 3D-печати. Печать сплошных деталей имеет свои преимущества, но внутренняя ячеистая структура экономит и дорогостоящий материал, и время. Создание объектов с заданной степенью заполнения ячеистыми структурами — уникальная возможность трехмерной печати. Более того, проектировать такую структуру не требуется: это делает программа-слайсер. Как правило, достаточно задать только процент заполнения (чем он ближе к 100, тем более сплошным получится объект) и выбрать вид ячеек, если у принтера предусмотрена такая возможность.

Помимо экономии времени и материала, внутренняя ячеистая структура имеет массу других преимуществ.

### Ячеистое заполнение предотвращает коробление

Печать крупных объектов в виде единого куска приводит к опасности коробления. При уменьшении процента заполнения воздух в ходе печати проходит через деталь, обеспечивая более равномерное охлаждение и исключая коробление.

### Ячеистое заполнение не приводит к потере прочности

Печать ячеек вместо сплошного материала не снижает прочности детали. Во многих случаях деталь с ячеистой структурой оказывается достаточно прочной для выбранной области применения, но при этом более легкой и менее материалоемкой.

### Функциональное назначение определяет выбор геометрии ячеек

Большинство слайсеров поддерживает широкий выбор геометрии ячеек. Оптимальный вариант определяется функциональным назначением объекта. Стандартное заполнение прямоугольными ячейками упрощает печать, а шестиугольные и треугольные ячейки добавляют прочности. Заполнение в виде волн позволяет объекту изгибаться или скручиваться.

### Как выбрать подходящий процент заполнения?

В целом прочность объекта увеличивается по мере роста процента заполнения. У большинства принтеров процент заполнения по умолчанию равен 20, что в ряде случаев бывает оптимальным, но в других оказывается слишком большим либо слишком малым значением. Рассмотрите механические напряжения в печатаемом объекте и повысьте процент заполнения тех участков, где требуется большая прочность. Если высокая прочность не требуется, выбирайте минимально возможное заполнение. Это





экономит материал и повысит скорость печати. Чаще всего подбор оптимального процента заполнения производится методом проб и ошибок.

## Способы крепления заготовки к столу

"Рафты", "бримы", "юбки" — эти термины звучат забавно, но они всего лишь обозначают три основных способа крепления печатаемой 3D-детали к столу принтера. Рассмотрим каждый из этих способов и области их применения.

### Юбка

Юбка предусматривает создание нескольких колец вокруг объекта в начале печати, чтобы убедиться в нормальном экструдировании пластика. Юбка вообще не соприкасается с объектом. Она окружает область печати и помогает запустить процесс послойного наплавления. При создании юбки через сопло проходит большой объем горячего термопластичного полимера. Тем самым принтер подготавливается к печати собственно детали. Это гарантирует хорошую адгезию к столу и получение гладких поверхностей объекта.

### Брим

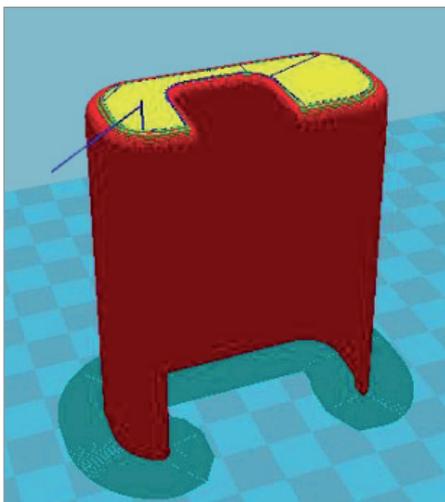
Брим представляет собой широкую плоскую область, соединенную с основным объектом как опорное основание (представьте себе поля шляпы). Он очень похож на юбку, но соединен с моделью. Помимо всех преимуществ юбки, брим удерживает края изготавливаемого объекта на столе.

При печати внешняя часть объекта нередко охлаждается быстрее, чем середина, из-за чего края заворачиваются. Брим предотвращает это явление, удерживая края.

### Рафт

Рафт — это отделяемое основание, выполненное в виде тонкой сетчатой платформы, располагающейся под всем объектом (который лежит на рафте). Для создания рафта принтер сначала печатает плоскую пластину в два или три слоя, а затем уже начинает изготавливать объект. Рафты обеспечивают отличную адгезию с поверхностью стола, а также служат прочным основанием для печати. Это особенно удобно при изготовлении мелких деталей и деталей необычной формы, плохо закрепляемых на столе, а также тонкостенных объектов.

По завершении печати в большинстве случаев рафт легко отделяется от детали.



## Если у принтера нет функции подогрева рабочего стола

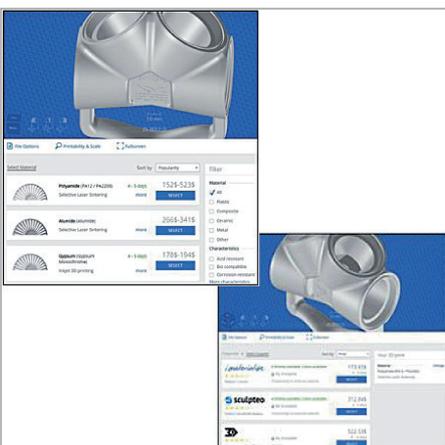
Рафты применяются, если у принтера нет подогрева рабочего стола. В этом случае проблемой становится излишняя адгезия.

Альтернативный метод — наклеить на платформу принтера клейкую бумажную ленту, по возможности завернув ее края вниз (это защищает и саму платформу). Можно использовать и упаковочную ленту, но она, как правило, дороже.

Если коробление все же происходит либо объект отделяется от стола, следует нанести на клейкую ленту растворимый клей-карандаш. Это усилит адгезию.

## Узнайте особенности конкретного 3D-принтера и учитывайте их при подготовке модели

Трехмерная печать — это не только наука, но и искусство. Эффективное конструирование для последующей 3D-печати требует понимания технологического процесса, учета его особенностей и назначения будущего объекта. Это позволит существенно повысить производительность печати.



## Использование Solid Edge в 3D-печати

Не все системы автоматизированного проектирования подходят для 3D-печати. Возможности применяемой системы не должны ограничивать конструкторов. Наша система Solid Edge® снабжена инструментами проектирования с учетом требований новейших технологий 3D-печати. Поддерживаются различные 3D-принтеры и сервисы трехмерной печати.

## Выходите на новый уровень, применяя особые методики конструирования деталей для 3D-печати

Генеративное моделирование в Solid Edge открывает новые возможности: конструктор выбирает конкретный материал, задает пространство проектных решений, допустимые нагрузки, ограничения и целевую массу детали, а система автоматически рассчитывает нужную геометрию. В итоге методами 3D-печати можно получать самые сложные формы. Кроме того, при построении моделей предусмотрено использование результатов трехмерного сканирования. Solid Edge удачно объединяет традиционное граничное представление твердотельных моделей (B-Rep) и представление поверхностей в виде сетки треугольников, что позволяет избежать длительных преобразований, чреватых появлением ошибок.

Если вы уже загрузили STL-файл для печати, наша уникальная синхронная технология обеспечит быстрое и удобное редактирование импортированных моделей в Solid Edge для их подготовки к этому процессу.

## Печать на собственном принтере или передача заказа поставщику услуг 3D-печати

Печать в Solid Edge на локальном 3D-принтере выполняется командой *3D print*. Модели можно сохранить в форматах STL и 3MF либо отправить непосредственно в приложение Microsoft 3D Builder. При отсутствии собственного 3D-принтера или необходимости попробовать разные материалы и виды отделки поверхностей Solid Edge позволяет напрямую отправлять модели в облачные сервисы трехмерной печати (такие как 3YOURMIND). Вы сразу же получаете ценовые предложения на изготовление детали из различных материалов с ее последующей доставкой прямо к вашей двери.

По материалам компании  
**Siemens Digital Industries Software**



## ▶ ПАРАМЕТРИЗОВАННОЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДШИПНИКОВОГО СТАКАНА в nanoCAD Plus 20

Компания MaxSoft категорически приветствует всех читателей! В этой статье речь пойдет о САПР-платформе nanoCAD, а если конкретнее – о ее 3D-модуле. Так уж сложилось, что из релиза в релиз все вертикальные решения на базе платформы nanoCAD, равно как и сама платформа, обязательно сопровождаются различными печатными материалами: учебниками, пособиями, руководствами, статьями, описаниями и т.д. К сожалению, функционал 3D-модуля при этом несколько обделен вниманием. Конечно, он достаточно хорошо описан в учебном пособии А.С. Кувшинова "nanoCAD Plus 10. Адаптация к учебному процессу". Но функциональные возможности nanoCAD не стоят на месте, а потому содержание учебных материалов постепенно устаревает и должно обновляться параллельно выходу новых версий системы. В упомянутом пособии рассмотрен инструментарий 10-й версии, а на момент публикации этой статьи актуальна уже 20-я версия. Да и учебные пособия А.С. Кувшинова – платные.

В новой версии платформы были серьезно расширены возможности 3D-модуля для проектирования параметрических 3D-сборок – за счет добавления 3D-зависимостей. Но об этом чуть позже. Для начала мы ознакомимся с базовым функционалом 3D-модуля, тем самым подготовив основу для следующей части, в которой речь пойдет о 3D-зависимостях.

### Краткое интерфейсное описание

Рассмотрим процесс создания параметризованной 3D-модели подшипникового стакана. Для всех используемых инструментов будут указаны различные способы вызова,

в том числе для нескольких вариантов представления интерфейса.

Для переключения между ленточным и классическим вариантами представления интерфейса необходимо нажать кнопку, расположенную в верхнем правом углу окна nanoCAD (рис. 1).

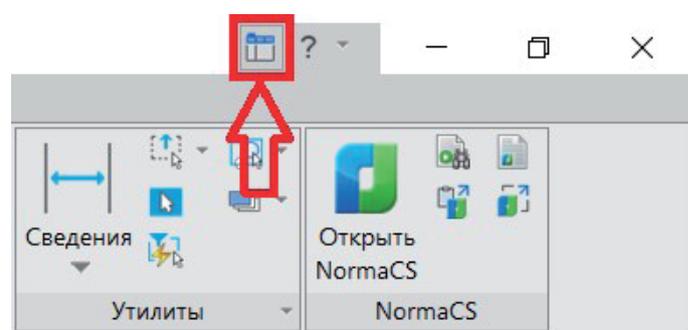


Рис. 1. Кнопка переключения интерфейса

Строка выпадающего меню активна в классическом варианте интерфейса и находится в верхней части экрана nanoCAD, над панелями инструментов (рис. 2).



Рис. 2. Строка выпадающего меню в классическом интерфейсе

Для добавления/удаления панели инструментов необходимо в классическом варианте интерфейса правой кнопкой мыши (ПКМ) щелкнуть на свободном месте пространства панелей. В появившемся контекстном меню левой кнопкой мыши (ЛКМ) выберите пункт *Панели инструментов* (рис. 3). В открывшемся окне установите флажки напротив необходимых панелей и нажмите кнопку *Закреть*.

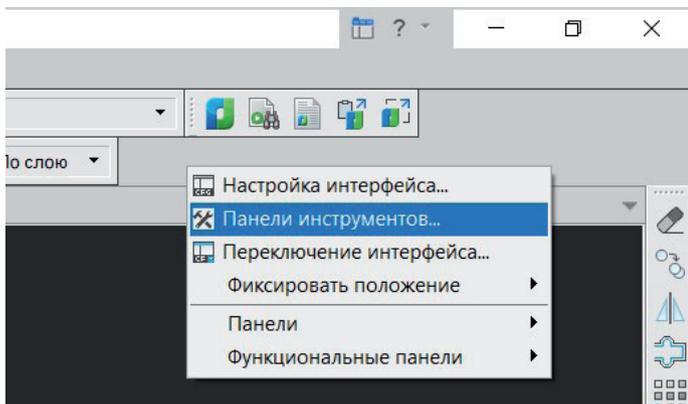


Рис. 3. Пункт контекстного меню настройки панели инструментов

Кроме того, для быстрого вызова инструментов можно вводить команды в командную строку nanoCAD (рис. 4). Если курсор не расположен в каком-либо текстовом поле, то вводимый текст по умолчанию будет печататься в командной строке.

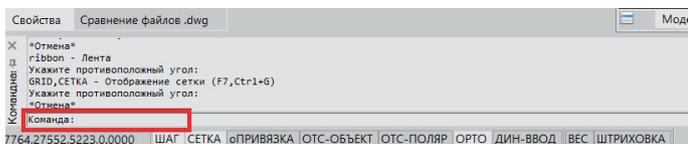


Рис. 4. Место ввода в командную строку

## Создание эскиза

### Добавление плоского эскиза

Чтобы создать твердотельную 3D-модель с изменяемыми параметрами геометрии, сначала следует начертить параметрический 2D-эскиз детали.

Создайте новый эскиз. Для этого в командной строке вызовите команду *начатьэскиз* или выберите команду *Добавить плоский эскиз* в выпадающем меню *3D* → *2D Эскиз* либо на панели *3D*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *3D-инструменты* (рис. 5).

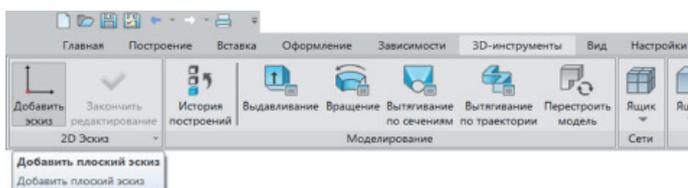


Рис. 5. Панель и вкладка 3D. Команда *Добавить плоский эскиз*. Неактивный режим эскиза

После этого в командной строке появится выбор плоскости мировой системы координат, где будет осуществляться черчение. Выберите плоскость *XU* (рис. 6).

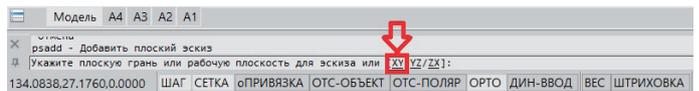


Рис. 6. Выбор плоскости эскиза

Дальнейшее черчение будет происходить в режиме эскиза. Чтобы понять, в каком режиме происходит черчение, нужно обратить внимание на состояние панели *3D* либо вкладки *3D-инструменты*. В неактивном режиме эскиза панель выглядит как показано на рис. 5. Панель при активном режиме эскиза представлена на рис. 7.

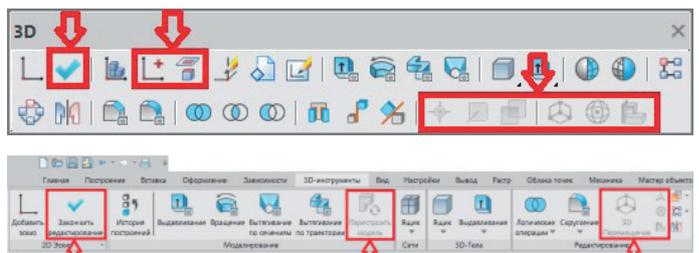


Рис. 7. Панель и вкладка 3D в режиме эскиза

Также следует обратить внимание на панель *История 3D Построений*. При активном редактировании эскиза рядом с ним появится значок молнии (рис. 8). Соответственно, если ни один эскиз не помечен этим значком, режим редактирования эскиза неактивен. Чтобы открыть вкладку *История 3D Построений*, в командной строке вызовите команду *showtab3dhistorynet* либо в выпадающем меню выберите *3D* → *История 3D Построений* или же нажмите на иконку *История построений* во вкладке *3D-инструменты* (рис. 9).

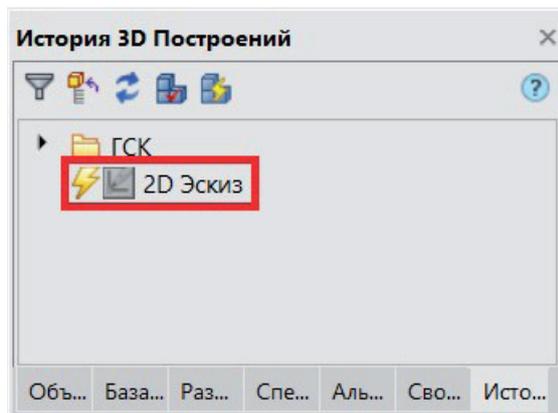


Рис. 8. Панель *История 3D Построений*. Режим эскиза

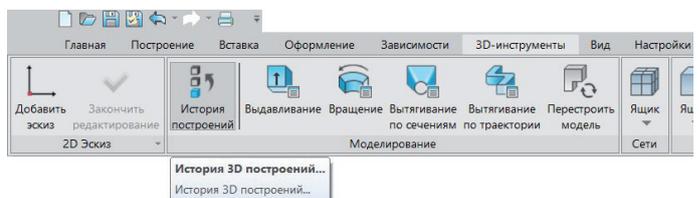


Рис. 9. Вкладка *3D-инструменты*. *История построений*

Чтобы открыть для редактирования уже созданный эскиз, в командной строке вызовите команду *редплэс* или задайте команду *Редактировать плоский эскиз* в выпадающем меню *3D* → *2D Эскиз*, либо на панели *3D*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *3D-инструменты* (рис. 10). ЛКМ в *Истории 3D Построений* выберите эскиз, который при наведении курсора будет выделяться цветом (рис. 11).

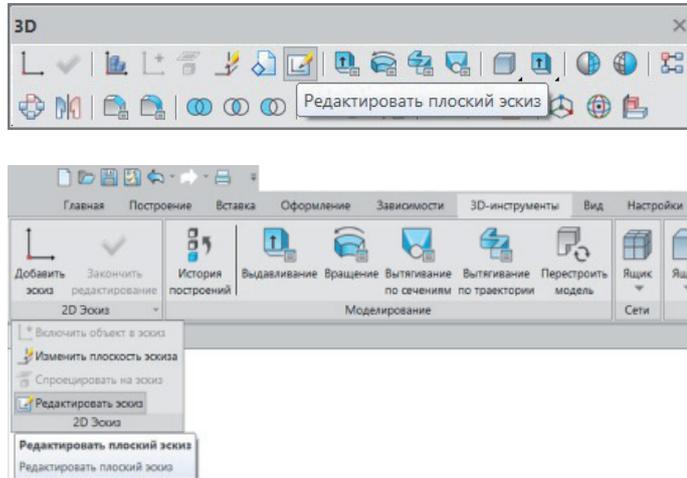


Рис. 10. Панель и вкладка *3D*. Редактировать плоский эскиз

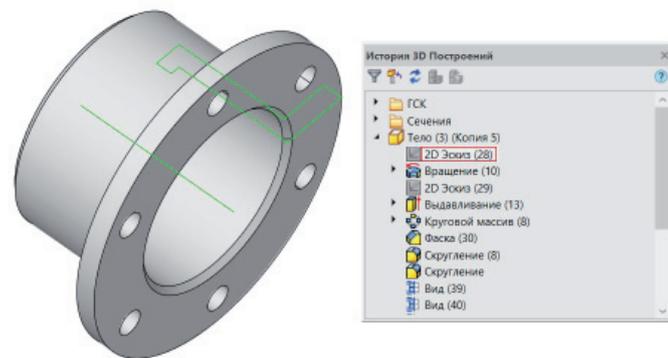


Рис. 11. Панель *История 3D Построений*. Выбор эскиза для редактирования  
Кроме того, открыть эскиз для редактирования можно двойным щелчком по нему ЛКМ либо путем нажатия ПКМ на эскизе в *Истории 3D Построений* и выбора в появившемся контекстном меню пункта *Редактировать* (рис. 12).

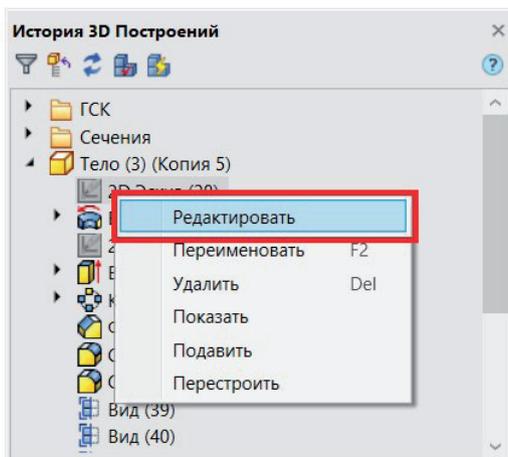


Рис. 12. Панель *История 3D Построений*. Открытие эскиза на редактирование

### Черчение исходного контура

В эскизе произвольно начертите исходный контур детали таким образом, чтобы он примерно соответствовал рис. 13. Для черчения вызовите команду *Полилиния* в командной строке или задайте команду *Полилиния* в выпадающем меню *Черчение*, либо на панели *Черчение*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Построение* (рис. 14).

Для замыкания контура не требуется ЛКМ указывать точку его начала, а следует правой кнопкой вызвать контекстное меню и выбрать команду *Замкнуть*.

Под контуром добавьте горизонтальную линию. В командной строке вызовите команду *отрезок* или задайте команду *Отрезок* в выпадающем меню *Черчение*, либо на панели *Черчение*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Построение* (рис. 15).

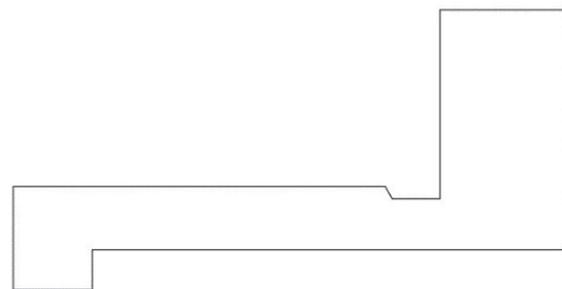


Рис. 13. Исходный контур детали

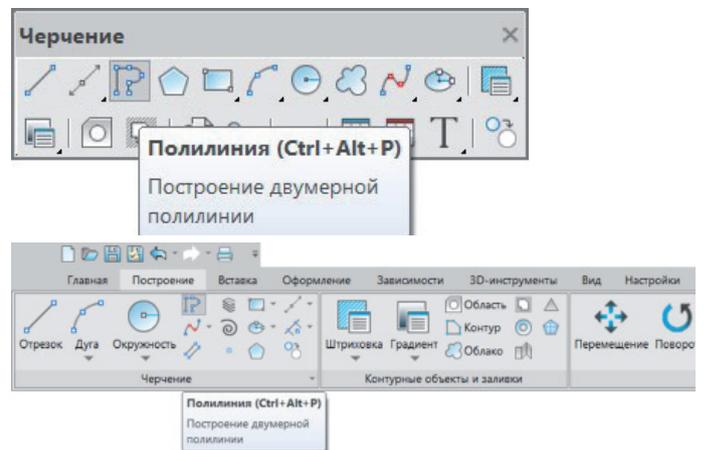


Рис. 14. Панель *Черчение* и вкладка *Построение*. *Полилиния*

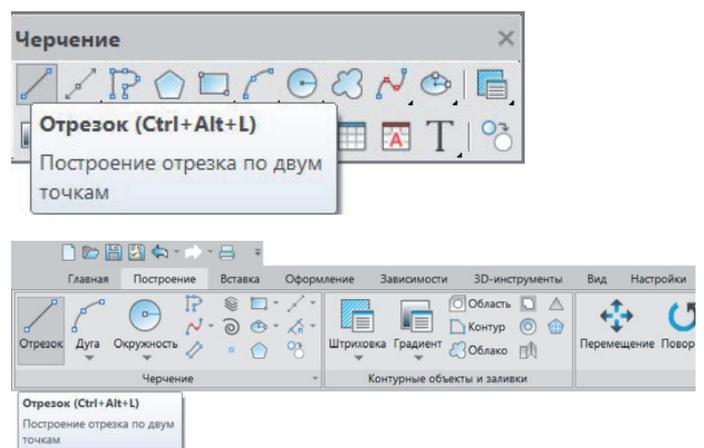


Рис. 15. Панель *Черчение* и вкладка *Построение*. *Отрезок*

**Примечание.** Важно, чтобы количество вершин полилинии исходного контура (см. рис. 13) совпадало с количеством вершин начерченной вами полилинии.

Для быстрого удаления или добавления вершины выделите начерченную полилинию ЛКМ. Появятся интеллектуальные квадратные "ручки", которым соответствуют вершины полилинии (рис. 16).

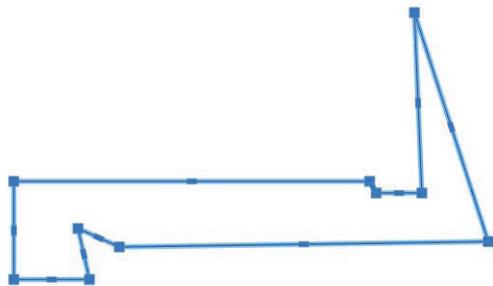


Рис. 16. Выделенный исходный контур

ЛКМ нажмите на вершину, которую следует удалить, либо на ту вершину, рядом с которой нужно добавить новую. После этого активируется динамический режим редактирования полилинии.

Нажимая на клавиатуре клавишу *Ctrl*, можно циклически выбирать способ редактирования вершины:

- курсор без знаков будет соответствовать растягиванию (рис. 17);
- знак "-" рядом с курсором будет означать удаление вершины (рис. 18);
- знак "+" рядом с курсором будет означать добавление вершины (рис. 19).

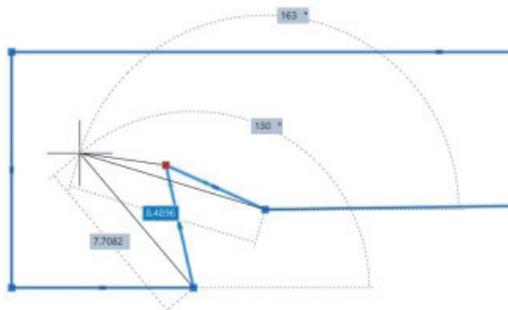


Рис. 17. Редактирование вершины. Растягивание

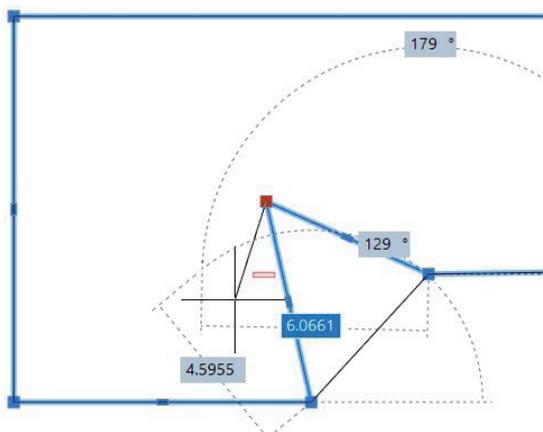


Рис. 18. Редактирование вершины. Удаление

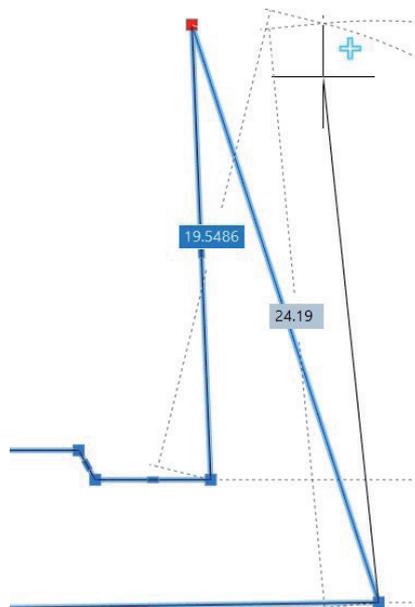


Рис. 19. Редактирование вершины. Добавление

## Простановка зависимостей на эскизе

### Геометрические зависимости

Продолжая работать в режиме эскиза, проставьте на эскизе геометрические зависимости, воспользовавшись панелью и вкладкой *Зависимости* (рис. 20). Этот тип зависимостей накладывает ограничения на взаимное расположение объектов чертежа.

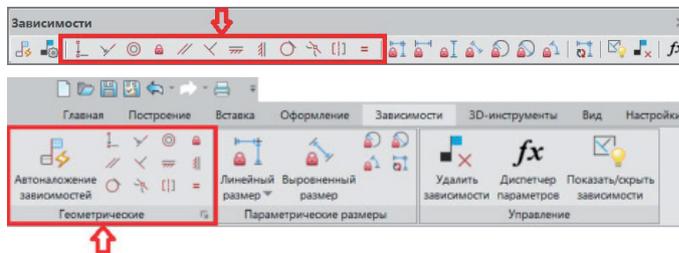


Рис. 20. Геометрические зависимости

Проставьте геометрическую зависимость *Горизонтальность* для всех горизонтальных линий эскиза. Вызовите команду *Горизонтальность* в командной строке или задайте команду *Горизонтальность* в выпадающем меню *Зависимости* → *Геометрические*, либо на панели *Зависимости*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Зависимости* (рис. 21).

ЛКМ последовательно укажите все горизонтальные линии.

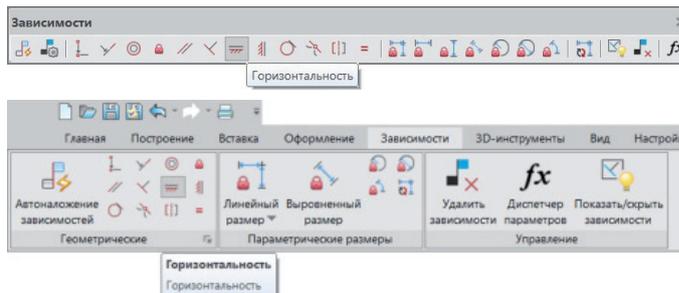


Рис. 21. Панель и вкладка *Зависимости*. *Горизонтальность*

Проставьте геометрическую зависимость *Вертикальность* для всех вертикальных линий эскиза. Вызовите команду *Вертикальность* в командной строке или задайте команду *Вертикальность* в выпадающем меню *Зависимости* → *Геометрические*, либо на панели *Зависимости*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Зависимости* (рис. 22).

ЛКМ последовательно укажите все вертикальные линии.

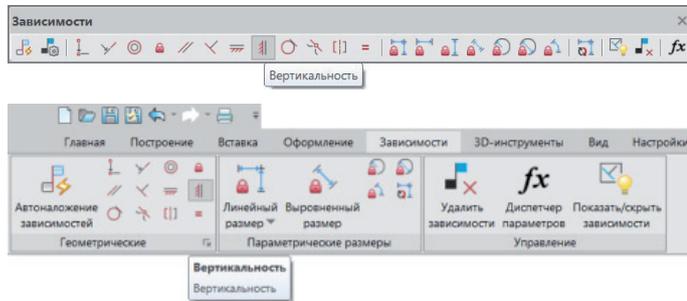


Рис. 22. Панель и вкладка *Зависимости*. *Вертикальность*

Горизонтальный отрезок под контуром детали будет являться осевой линией при построении 3D-тела вращения, поэтому проставьте для концов отрезка зависимость *Фиксация*. Вызовите команду *фиксация* в командной строке или задайте команду *Фиксация* в выпадающем меню *Зависимости* → *Геометрические*, либо на панели *Зависимости*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Зависимости* (рис. 23).

ЛКМ выберите концы отрезка.

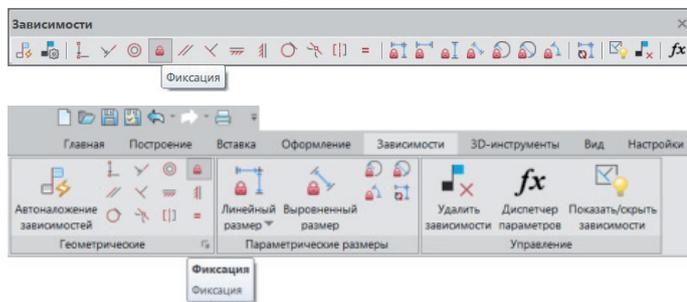


Рис. 23. Панель и вкладка *Зависимости*. *Фиксация*

Проставленные зависимости должны соответствовать показанному на рис. 24.

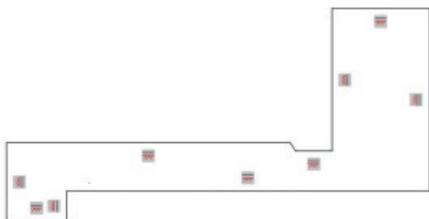


Рис. 24. Эскиз с геометрическими зависимостями

### Примечания

- Зависимости можно проставить автоматически. Сначала удалите проставленные зависимости. Для этого в командной строке вызовите команду *удалитьзависимости* или задайте команду *Удаление зависимостей* в выпадающем меню *Зависимости*, либо на панели *Зависимости*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Зависимости* (рис. 25). ЛКМ последовательно укажите проставленные зависимости. Выбранная для удаления зависимость будет окрашиваться в темный цвет (рис. 26). После указания зависимостей, подлежащих удалению, для подтверждения нажмите клавишу *Пробел* или *Enter*.

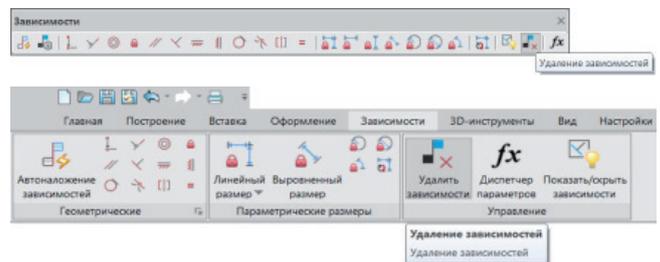


Рис. 25. Панель и вкладка *Зависимости*. *Удаление зависимостей*

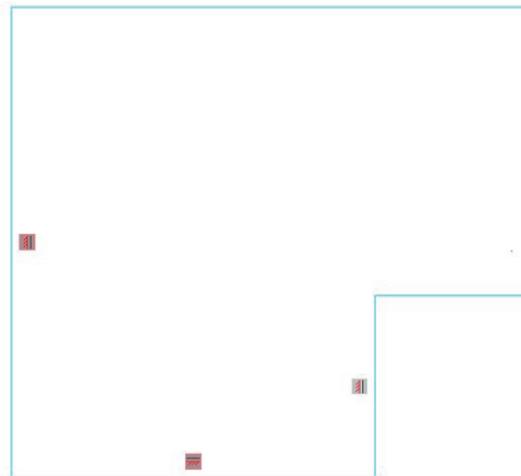


Рис. 26. Удаление зависимостей

Для настройки автоналожения зависимостей в командной строке вызовите команду *настрзависимости* или задайте команду *Настройки наложения зависимостей* в выпадающем меню *Зависимости*, либо на панели *Зависимости*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Зависимости* (рис. 27).

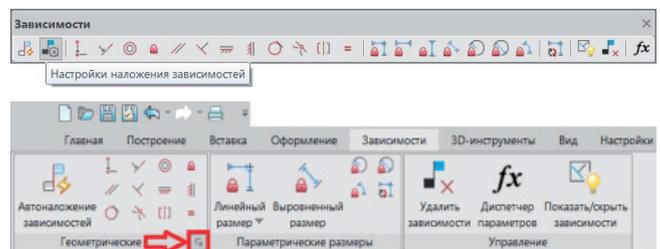


Рис. 27. Панель и вкладка *Зависимости*. *Настройки наложения зависимостей*

В открывшемся окне настроек установите флажки напротив зависимостей *Горизонтальность* и *Вертикальность*, как показано на рис. 28, и нажмите *ОК*.

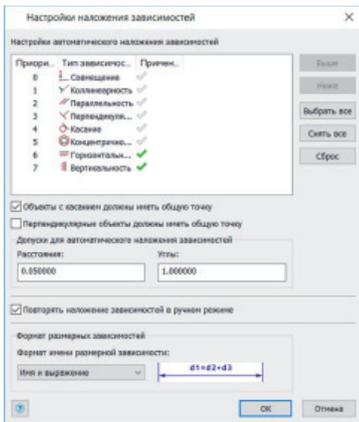


Рис. 28. Окно *Настройки наложения зависимостей*

Автоматически проставьте зависимости, используя автоналожение зависимостей. Для этого в командной строке вызовите команду *автозависимость* или задайте команду *Автоналожение зависимостей* либо в выпадающем меню *Зависимости*, либо на панели *Зависимости*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Зависимости* (рис. 29).

ЛКМ укажите на полилинию и для подтверждения нажмите клавишу *Пробел* или *Enter*.

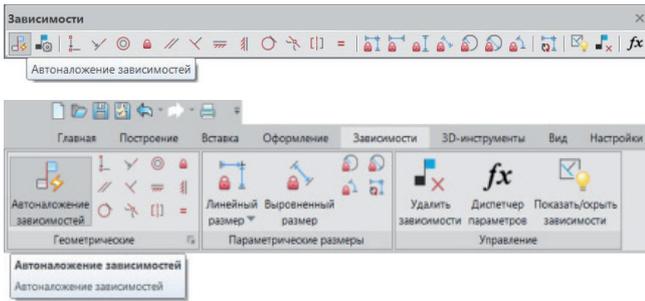


Рис. 29. Панель *Зависимости*. *Автоналожение зависимостей*

При использовании команды *Автоналожение зависимостей* важно проверить корректность наложенных зависимостей!

- Использование панели *Зависимости* не позволяет создавать объекты и примитивы (за исключением операций моделирования *3D* *прямоугольный массив* и *3D* *круговой массив*, отображаемых в Менеджере параметров), поэтому было так важно совпадение количества вершин полилинии в п. 1.

### Размерные зависимости

Продолжая работать с эскизом, проставьте размерные зависимости, используя панель или вкладку *Зависимости* (рис. 30). Этот тип зависимостей позволяет задавать параметрические размеры чертежа.

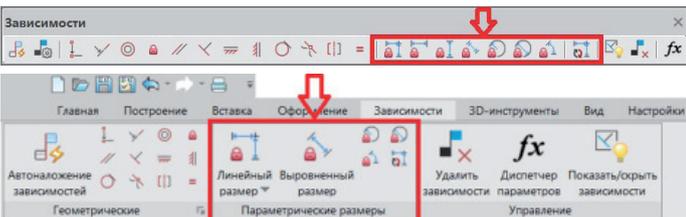


Рис. 30. Панель *Зависимости*. *Параметрические размеры*

Чтобы увидеть проставленные на эскизах размерные зависимости, откройте эскиз на редактирование.

В редактируемом эскизе проставьте параметрические размеры на вертикальные размеры. Для этого в командной строке вызовите команду *завертразм* или задайте команду *Вертикальный размер* в выпадающем меню *Зависимости* → *Параметрические размеры*, либо на панели *Зависимости*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Зависимости* (рис. 31).

Чтобы изменить значение параметра, дважды щелкните ЛКМ по размерной зависимости и после знака "=" введите необходимое значение. Простановку вертикальных размеров выполняйте от осевой линии, как показано на рис. 32.

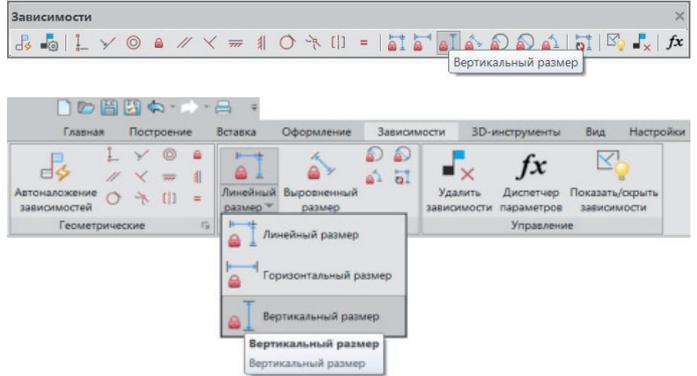


Рис. 31. Панель и вкладка *Зависимости*. *Вертикальный размер*

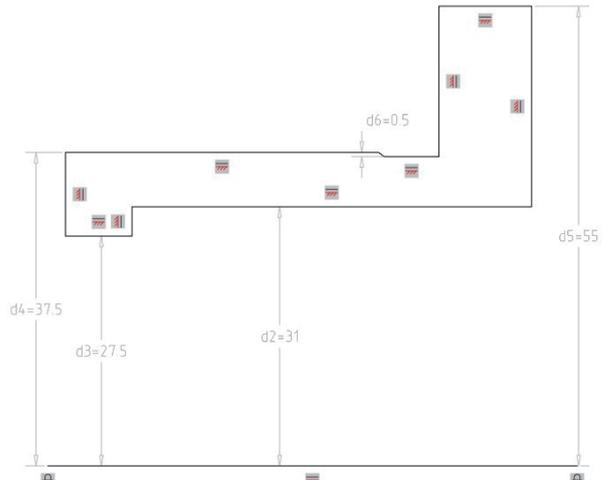


Рис. 32. Эскиз с вертикальными размерами

Проставьте параметрический угловой размер на фаску. В командной строке вызовите команду *завуглразм* или задайте команду *Угловой размер* в выпадающем меню *Зависимости* → *Параметрические размеры*, либо на панели *Зависимости*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Зависимости* (рис. 33). Укажите этим размером угол фаски.

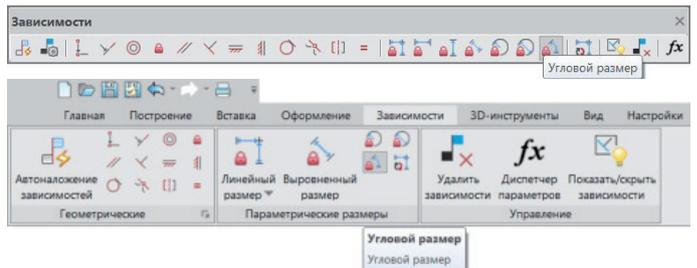


Рис. 33. Панель и вкладка *Зависимости*. *Угловой размер*

Простановку размеров выполняйте так, как показано на рис. 34.

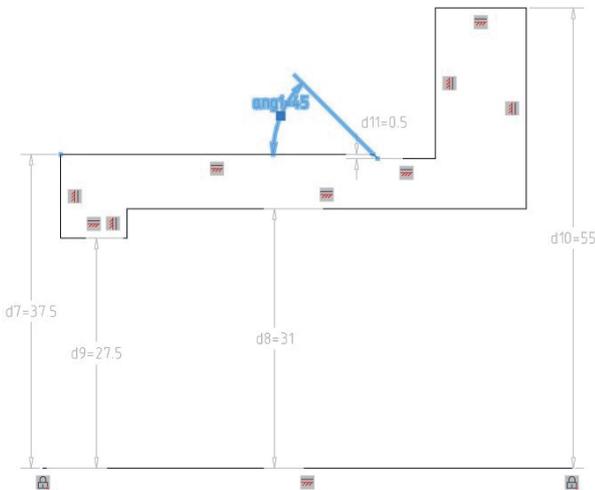


Рис. 34. Эскиз с размером фаски

Проставьте параметрические горизонтальные размеры. Для этого в командной строке вызовите команду *завгорразм* или задайте команду *Горизонтальный размер* в выпадающем меню *Зависимости* → *Параметрические размеры*, либо на панели *Зависимости*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Зависимости* (рис. 35).

Простановку размеров выполняйте, как показано на рис. 36.

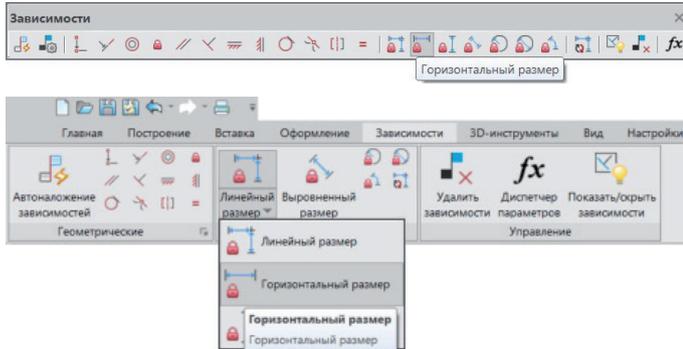


Рис. 35. Панель и вкладка *Зависимости*. *Горизонтальный размер*

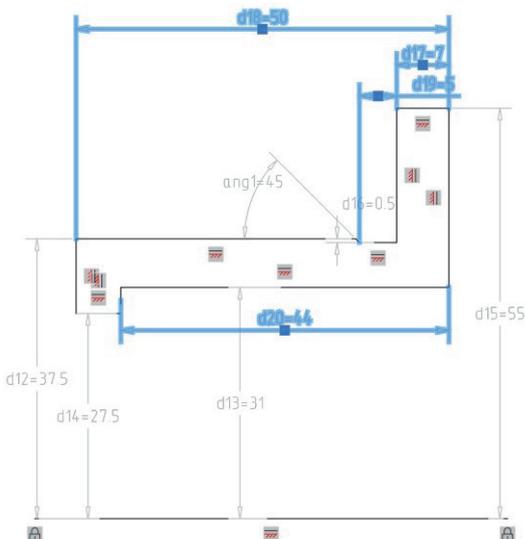


Рис. 36. Эскиз с горизонтальными размерами

Закончите редактирование эскиза. Для этого в командной строке вызовите команду *закончитьэскиз* или задайте команду *Закончить редактирование плоского эскиза* в выпадающем меню *3D* → *2D Эскиз*, либо на панели *3D*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *3D-инструменты* (рис. 37).

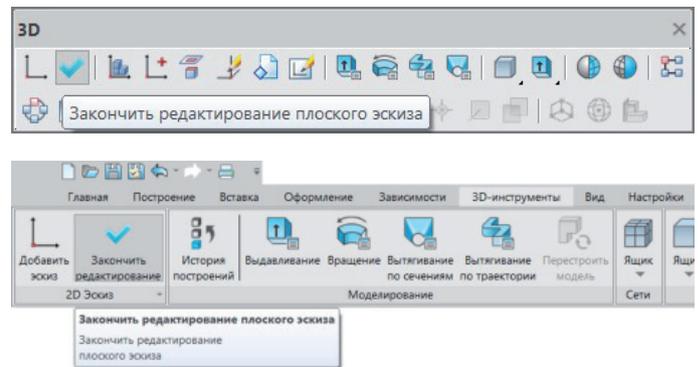


Рис. 37. Панель и вкладка *3D*. *Закончить редактирование плоского эскиза*

### Создание 3D-детали

Создайте тело вращения с помощью параметрического эскиза. Для этого воспользуйтесь командой *3D Вращение*, расположенной в командной строке, либо в выпадающем меню *3D* → *3D Элементы*, либо на панели *3D*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *3D-инструменты* (рис. 38).

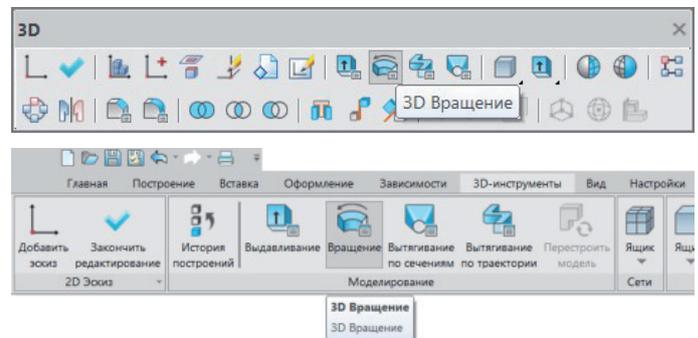


Рис. 38. Панель и вкладка *3D*. *3D Вращение*

Откроется окно параметров команды *3D Вращение* (рис. 39). ЛКМ укажите внутреннюю часть эскиза, которая при наведении курсора будет окрашиваться. Нажмите кнопку *Ось*, расположенную в окне параметров команды, и ЛКМ укажите ось эскиза. Будет построено 3D-тело вращения. Для подтверждения нажмите *OK*.

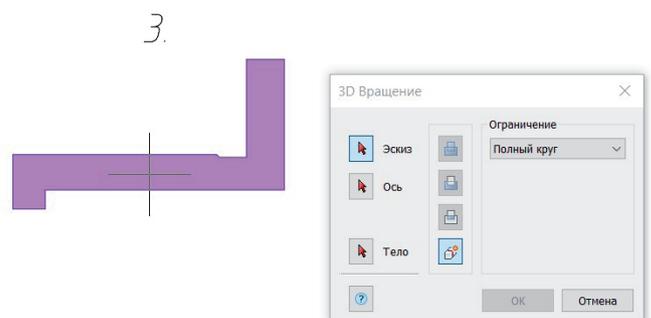


Рис. 39. Параметры команды *3D Вращение*

## Создание параметрических отверстий детали

### Параметрический эскиз отверстия

Создайте новый параметрический эскиз на торцевой поверхности фланца стакана. Для этого в командной строке вызовите команду *начатьэскиз* или задайте команду *Добавить плоский эскиз* в выпадающем меню *3D* → *2D Эскиз*, либо на панели *3D*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *3D-инструменты* (см. рис. 5).

ЛКМ укажите торцевую поверхность фланца (рис. 40). При наведении курсора поверхность будет менять цвет.

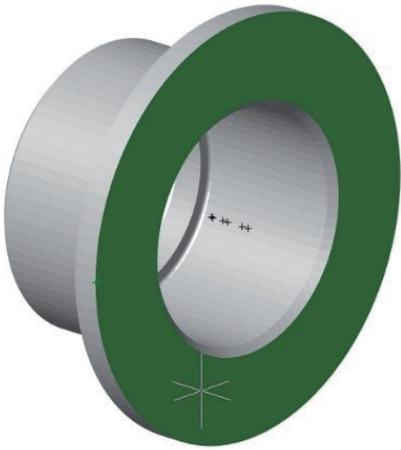


Рис. 40. Выбор плоскости эскиза

В эскизе двумя отрезками начертите оси, совпадающие с осями *X* и *Y*. Для этого вызовите команду *Отрезок* в командной строке или задайте команду *Отрезок* в выпадающем меню *Черчение* либо на панели *Черчение* (см. рис. 15).

Отрезки должны лежать на точке начала координат. Убедитесь, что в панели объектных привязок включена привязка *Узел*. Щелкните ПКМ на панели *оПРИВЯЗКА* и активируйте привязку *Узел*, если она неактивна (рис. 41). Чтобы отрезки были направлены вдоль осей, включите режим *ОПТО*, выбрав его ЛКМ на нижней панели (рис. 42) либо нажав клавишу *F8*.

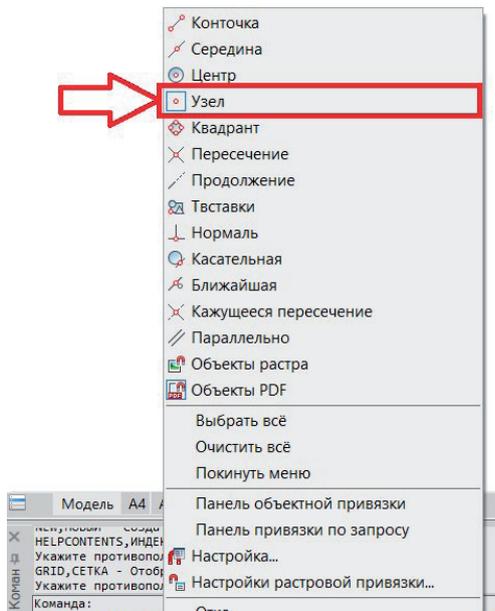


Рис. 41. Объектная привязка *Узел*

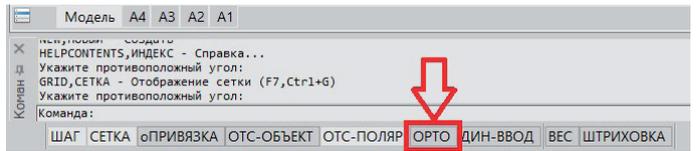


Рис. 42. Режим *ОПТО*

К начерченным осям будет осуществляться привязка параметрическими размерами, поэтому укажите для концов отрезков зависимость *Фиксация* (рис. 43).

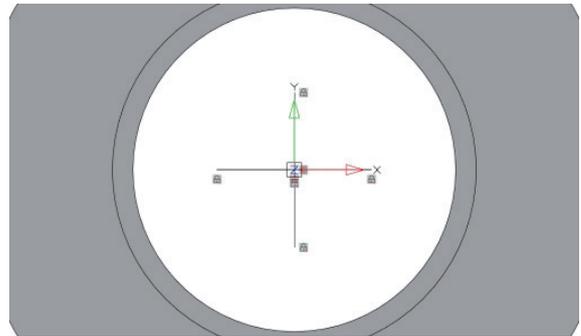


Рис. 43. Наложение геометрических зависимостей на оси

Начертите произвольную окружность. Для этого вызовите команду *Окружность* в командной строке, либо в выпадающем меню *Черчение* → *Окружность* → *Центр, радиус*, либо на панели *Черчение*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Построение* (рис. 44).

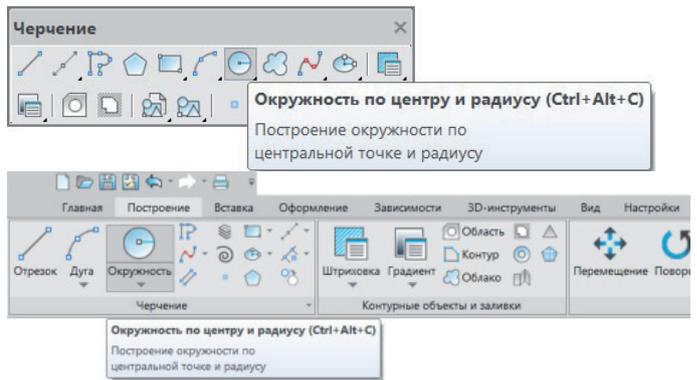


Рис. 44. Панель *Черчение* и вкладка *Построение*. *Окружность*

Задайте диаметр окружности. Для этого в командной строке вызовите команду *завдиамраз* или задайте команду *Диаметральный размер* в выпадающем меню *Зависимости* → *Параметрические размеры*, либо на панели *Зависимости*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Зависимости* (рис. 45).

ЛКМ укажите окружность и проставьте размер (рис. 46).

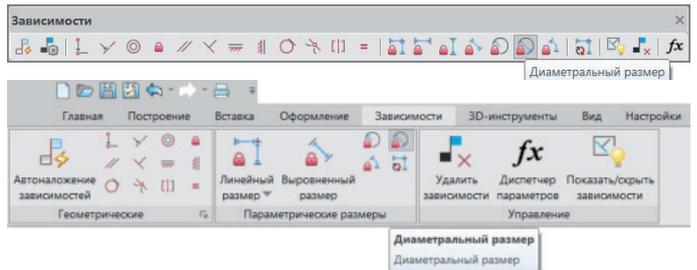


Рис. 45. Панель и вкладка *Зависимости*. *Диаметральный размер*

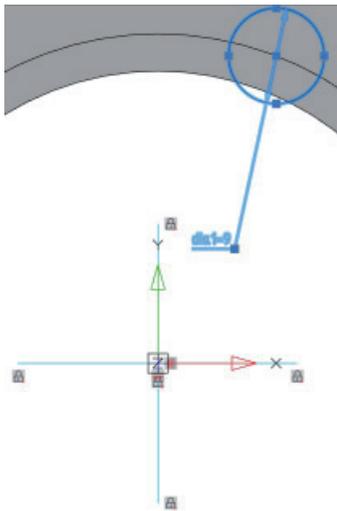


Рис. 46. Простановка диаметрального размера на эскизе

Задайте параметрические размеры между окружностью и осями таким образом, чтобы центр окружности лежал на одной из осей. Для этого в командной строке вызовите команду *завлин-разм* или задайте команду *Линейный размер* в выпадающем меню *Зависимости* → *Параметрические размеры*, либо на панели *Зависимости*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Зависимости* (рис. 47).

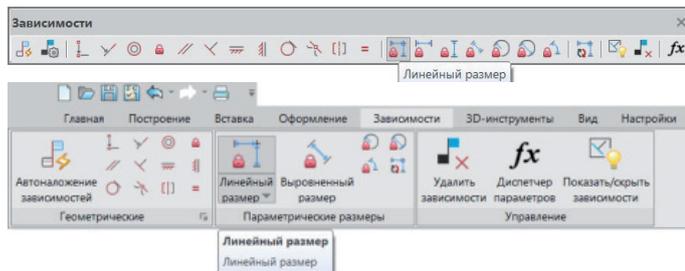


Рис. 47. Панель и вкладка *Зависимости*. *Линейный размер*

Укажите вертикальный и горизонтальный размер между центром окружности и осями (рис. 48). Обратите внимание, что один размер задает половину диаметра, а другой – смещение центра окружности от оси.

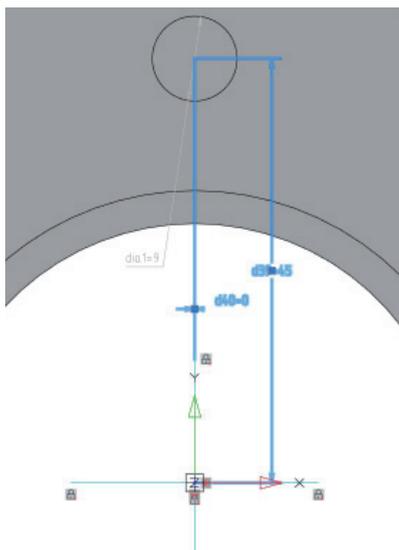


Рис. 48. Эскиз с размерами, задающими расположение отверстия. Завершите редактирование эскиза.

### Вырезание отверстия

Вырежьте отверстие по созданному ранее параметрическому эскизу. Для этого в командной строке вызовите команду *3D-выдавливание* или задайте команду *3D Выдавливание* в выпадающем меню *3D* → *3D Элементы*, либо на панели *3D*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *3D-инструменты* (рис. 49).

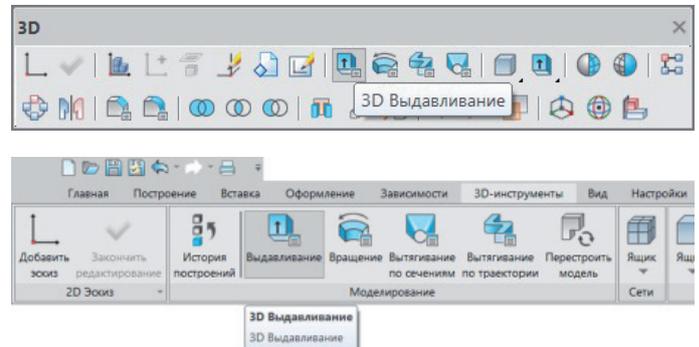


Рис. 49. Панель и вкладка *3D*. Команда *3D Выдавливание*

Откроется окно параметров команды *3D Выдавливание* (рис. 50). Укажите ЛКМ внутреннюю часть эскиза, которая при наведении курсора будет окрашиваться. Затем в окне настроек команды укажите параметры, как показано на рис. 50, и нажмите *OK*.



Рис. 50. Операция *3D Выдавливание*. Вырезание насквозь

### Создание кругового массива отверстий

Создайте круговой массив отверстий, используя ранее вырезанное отверстие. Для этого в командной строке вызовите команду *3D-кругмассив* или задайте команду *3D Круговой массив* в выпадающем меню *3D* → *3D Элементы*, либо на панели *3D*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *3D-инструменты* (рис. 51).

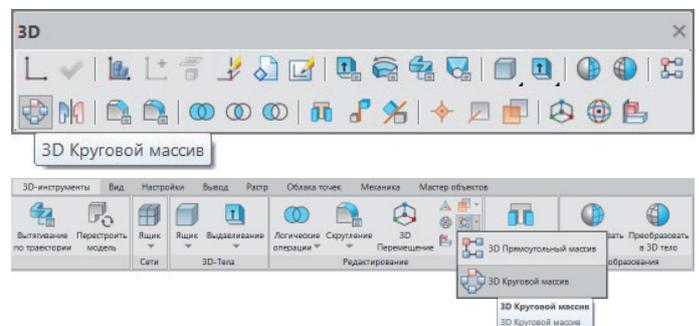


Рис. 51. Панель и вкладка *3D*. Команда *3D Круговой массив*

Откроется окно параметров команды *3D Круговой массив* (рис. 52). Укажите ЛКМ цилиндрическую поверхность отверстия, а затем в окне параметров выберите параметр *Ось вращения* и ЛКМ укажите цилиндрическую поверхность стакана. Появятся фантомы отверстий. Остальные параметры установите, как показано на рис. 52. Для подтверждения нажмите *OK*.

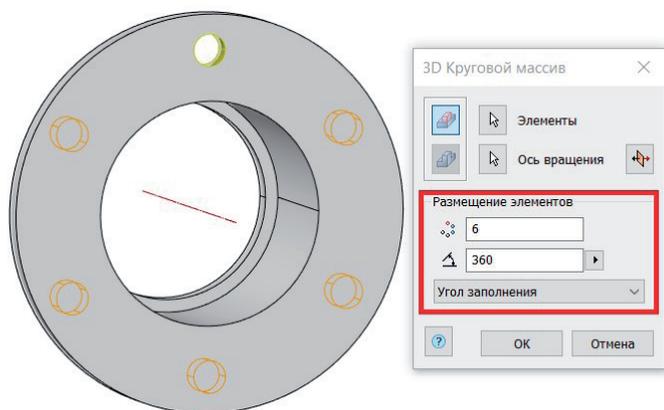


Рис. 52. Операция *3D Круговой массив*

### Создание 3D-фасок и скруглений

Для создания фасок и скруглений также можно воспользоваться инструментами 3D-моделирования.

Создайте фаску с помощью инструмента 3D-моделирования. Для этого в командной строке вызовите команду *3-фаска* или задайте команду *3D Фаска* в выпадающем меню *3D → 3D Элементы*, либо на панели *3D*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *3D-инструменты* (рис. 53).

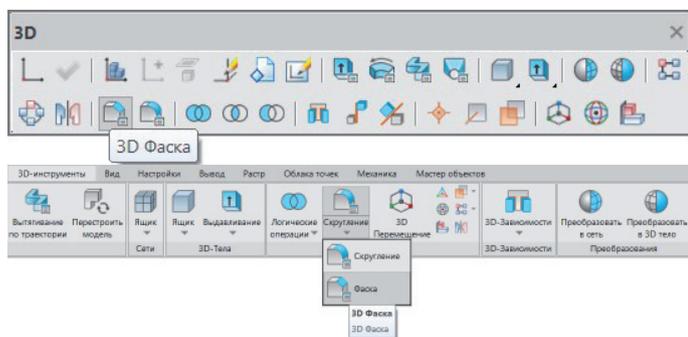


Рис. 53. Панель и вкладка *3D*. Команда *3D Фаска*

Появится окно параметров команды *3D Фаска*. С помощью ЛКМ выберите ребра. Выбранные ребра меняют цвет. Установите параметры команды, как показано на рис. 54, и нажмите *OK*.



Рис. 54. Окно параметров команды *3D Фаска*

Скругление создается аналогичным образом. В командной строке вызовите команду *3-скругление* или задайте команду *3D Скругление* в выпадающем меню *3D → 3D Элементы*, либо на панели *3D*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *3D-инструменты* (рис. 55).

Дважды вызывая команду, проставьте скругления, как показано на рис. 56 и 57.

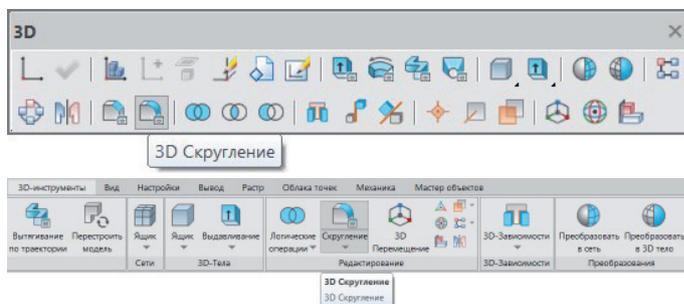


Рис. 55. Панель и вкладка *3D*. Команда *3D Скругление*

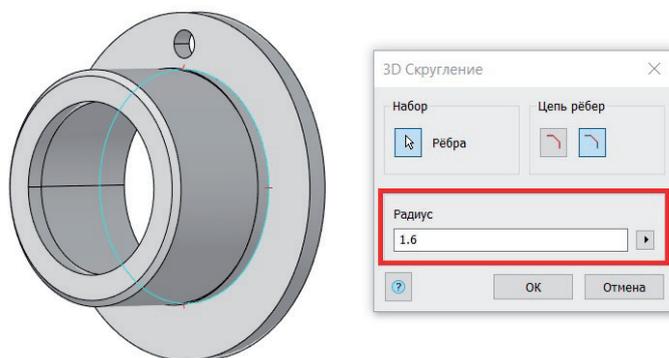


Рис. 56. Операция *3D Скругление*

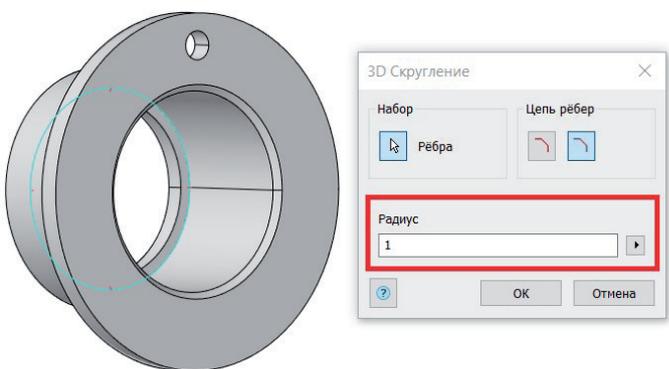


Рис. 57. Операция *3D Скругление*

### Создание 2D-видов и разрезов

Создайте два вида:

- вид спереди;
- вид справа.

Для этого в командной строке вызовите команду *доб2-вид* или задайте команду *2D вид* в выпадающем меню *3D → 2D виды*, либо на панели *2D виды*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *3D-инструменты* (рис. 58).

С помощью ЛКМ укажите 3D-деталь и для подтверждения нажмите клавишу *Пробел* или *Enter*. Появится чертеж вида спереди. ЛКМ укажите точку вставки вида. Теперь можно проставить остальные виды. Проведите курсором влево от вида спереди – появится вид справа. Укажите точку вставки. Для за-

вершения команды нажмите ПКМ либо клавишу *Esc*. Чтобы виды проставлялись с проекционными зависимостями, активируйте режим *ОПТО*.

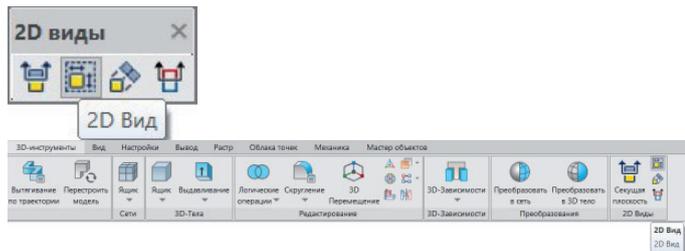


Рис. 58. Панель 2D виды и вкладка 3D. Команда 2D Вид

Создайте разрез по виду справа. Для этого в командной строке вызовите команду *доб2-раз* или задайте команду *2D разрез* в выпадающем меню *3D → 2D виды*, либо на панели *2D виды*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *3D-инструменты* (рис. 59).

ЛКМ укажите вид справа, а затем, используя объектную привязку *Квадрант* (рис. 60), постройте линию разреза. Укажите ЛКМ точку вставки разреза. В итоге должны получиться два вида и разрез (рис. 61).

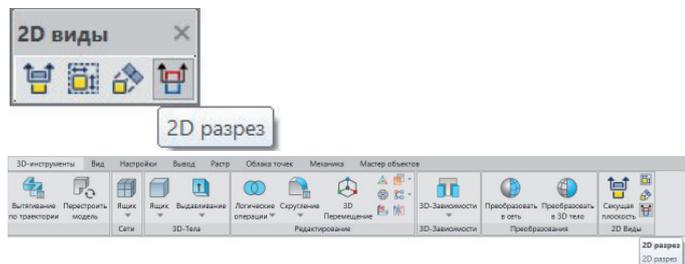


Рис. 59. Панель 2D виды и вкладка 3D. Команда 2D разрез

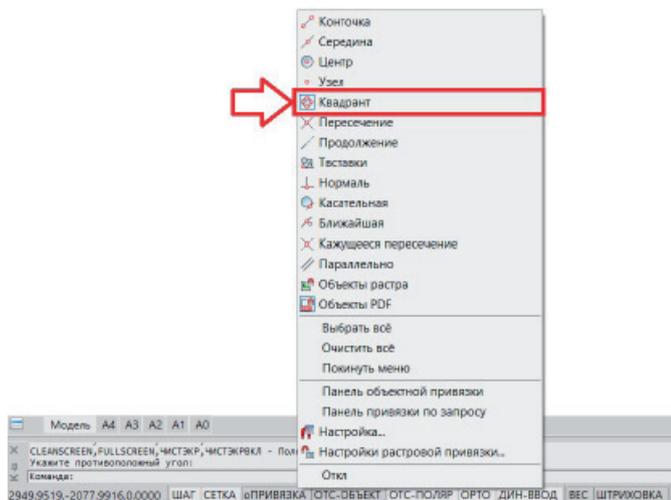


Рис. 60. Объектная привязка *Квадрант*

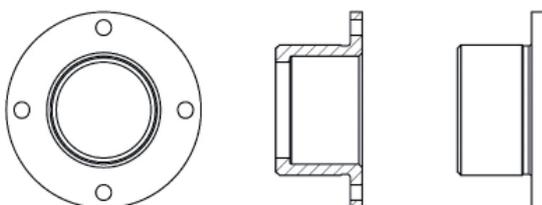


Рис. 61. Виды и разрез

## Редактирование детали Менеджером параметров

Откройте Менеджер параметров. Для этого в командной строке вызовите команду *менеджерпарам* или задайте команду *Менеджер параметров* в выпадающем меню *Зависимости*, либо на панели *Зависимости*, либо в ленточном интерфейсе на вкладке *Зависимости* (рис. 62).

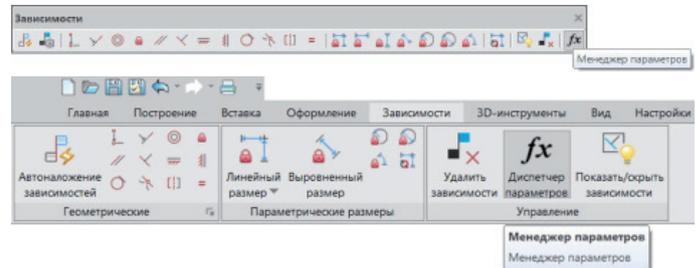


Рис. 62. Панель и вкладка *Зависимости*. Менеджер параметров

Откроется окно Менеджера параметров, содержащее четыре столбца:

- **Имя.** Здесь пользователь может самостоятельно задавать имена параметров, упрощая тем самым обращение к параметру;
- **Выражение.** В этом столбце пользователь может задать математическое выражение для вычисления значения параметра. В математических выражениях можно использовать имена параметров, математические операторы и функции. Для получения более подробной информации о поддерживаемых операторах и функциях откройте справку, нажав соответствующую кнопку в окне Менеджера параметров (рис. 63). Такая кнопка есть в большинстве окон *paпoCAD*;

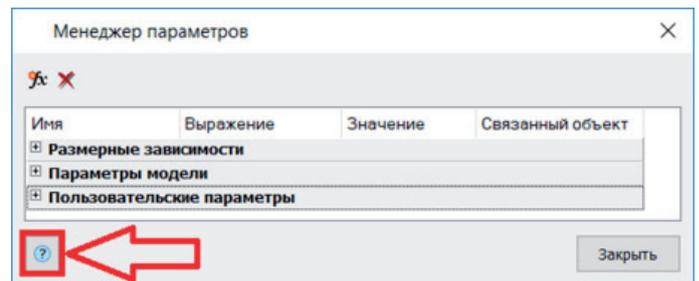


Рис. 63. Менеджер параметров. Справка

- **Значение.** Здесь отображается значение параметра, вычисляемое по заданному выражению;
- **Связанный объект.** В этом столбце отображается имя объекта, которому принадлежит параметр.

Чтобы быстро отсортировать столбец по возрастанию или убыванию, необходимо щелкнуть ЛКМ по его названию. Изначально имя параметра состоит из буквенного обозначения вида параметра и порядкового номера (рис. 64).



Рис. 64. Изначальное имя параметра

Все параметры поделены на три категории (рис. 66):

- **Размерные зависимости.** Это параметрические размеры, проставленные при помощи панели *Зависимости* (см. рис. 30);
- **Параметры модели.** Параметры, содержащие настройки операций 3D-моделирования (рис. 65);

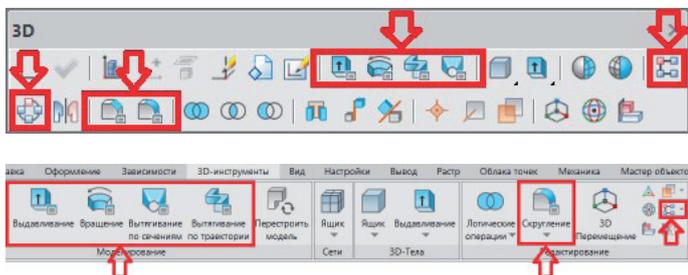


Рис. 65. Панель и вкладка 3D. Операции, отображаемые в Менеджере параметров

- **Пользовательские параметры.** Параметры, которые может задавать сам пользователь. Они не имеют связанного объекта, но имя пользовательского параметра можно использовать в выражениях для расчета значения других параметров. Чтобы создать новый пользовательский параметр, нужно нажать кнопку, которая так и называется: *Создать новый пользовательский параметр* (см. рис. 66).

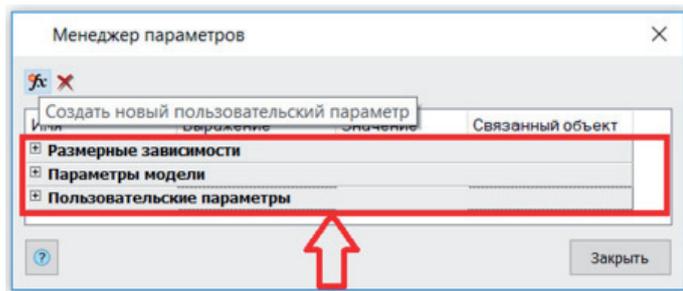


Рис. 66. Менеджер параметров. Категории и создание пользовательского параметра

В открытом окне Менеджера параметров отображается множество имен. Сложно сразу понять, какой параметр за что отвечает. В группе *Параметры модели* выберите ЛКМ какой-нибудь параметр. Связанный объект параметра на модели обозначится цветом (рис. 67).

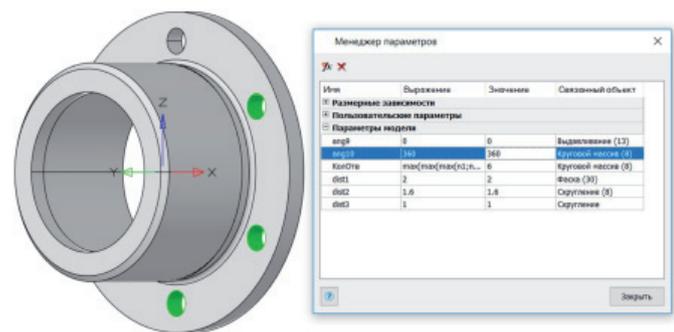


Рис. 67. Менеджер параметров. Группа *Параметры модели*. Поиск связанного объекта

В окне Менеджера параметров нажмите кнопку *Заккрыть*. Чтобы понять, за что отвечают параметры группы *Размерные зависимости*, нужно открыть на редактирование связанный объект (эскиз).

Для удобства обращения к параметру ему нужно присвоить соответствующее имя. Чтобы переименовать параметр в эскизе, дважды щелкните ЛКМ по размерной зависимости. Откроется окно редактирования параметра размерной зависимости, где можно изменить имя и значение/выражение (рис. 68). Эти изменения также будут видны в окне Менеджера параметров.

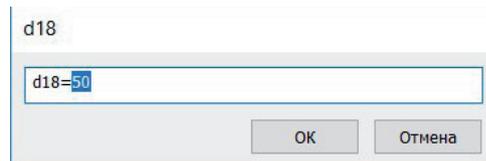


Рис. 68. Окно редактирования параметра размерной зависимости

Переименуйте несколько параметров. Переименовывать параметры удобнее в эскизе, а задавать выражения — в Менеджере параметров. Поэтому сначала в эскизах переименуйте параметры (рис. 69, 70), а затем напишите для них математические выражения (рис. 71) в Менеджере параметров. Для удобства перед написанием математических выражений отсортируйте имена параметров (см. рис. 71).

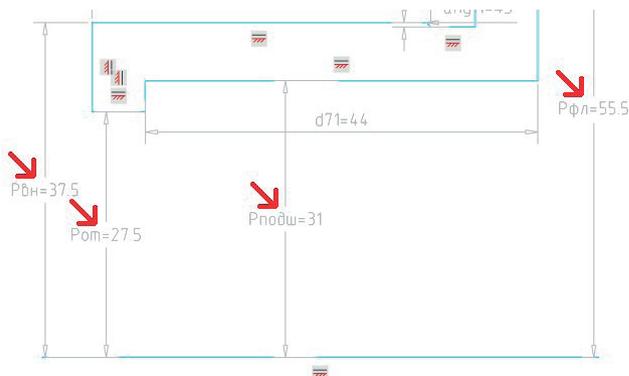


Рис. 69. Переименованные параметры в эскизе

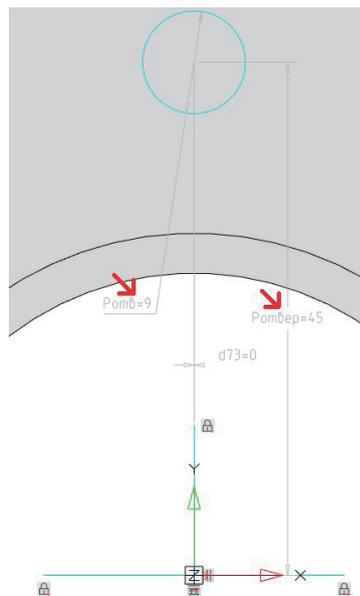


Рис. 70. Переименованные параметры в эскизе

Имя	Выражение	Значение
<b>Размерные зависимости</b>		
Рфл	$R_{подш} + 21.5 + \text{ceil}(R_{подш}/5)$	57.5
Рподш	30	30
Ротвер	$R_{вн} + \text{round}((R_{фл} - R_{вн})/2) - 2.5$	45
Ротв	$\text{round}(R_{подш}/10) + 6$	9
Рот	$R_{подш} - 3.5$	26.5
Рвн	$R_{подш} + 6.5$	36.5
d73	0	0

Рис. 71. Менеджер параметров. Имена и выражения

Создайте три пользовательских параметра. Присвойте им имена и выражения, как показано на рис. 72. Затем переименуйте параметр *n* в группе *Параметры модели* и напишите для него математическое выражение (см. рис. 72). Этот параметр отвечает за количество отверстий в круговом массиве.

Имя	Выражение	Значение
<b>Размерные зависимости</b>		
<b>Пользовательские параметры</b>		
n3	$\text{sign}(R_{подш} - 50) * 10$	-10
n2	$\text{sign}(R_{подш} - 40) * 8$	8
n1	$\text{sign}(R_{подш} - 30) * 6$	6
<b>Параметры модели</b>		
КолОтв	$\text{max}(\text{max}(\text{max}(n1; n2); n3); 4)$	8
dist3	1	1
dist2	1.6	1.6
dist1	2	2
ang9	0	0
ang10	360	360

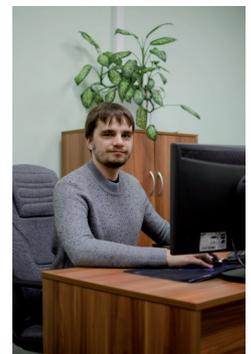
Рис. 72. Менеджер параметров. Пользовательские параметры и количество отверстий

Закройте окно Менеджера параметров, подтверждая этим произведенные изменения параметров. Снова откройте Менеджер и присвойте параметру *Rподш* значение 45. Закройте окно Менеджера параметров. Обратите внимание, как перестроились 3D-модель детали и связанные с ней виды. Присвойте параметру *Rподш* значение 55. Проанализируйте работу выражений в Менеджере параметров.

Итак, в первой части статьи мы пошагово разобрали процесс создания параметризованной модели подшипникового стакана, а также создали связанные с моделью 2D-виды и разрезы, динамически меняющиеся вслед за изменением параметров модели. В следующей части мы добавим к нашему стакану новые детали, задав их взаимное расположение при помощи инструментов 3D-зависимостей. Продолжение следует...

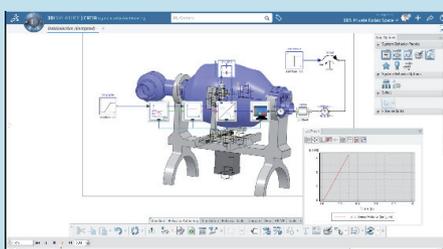
Ну а если будете в Красноярске, заходите к нам в офис – вместе обсудим проблемы, связанные с 3D-моделированием.

Адрес нашего офиса: г. Красноярск, ул. Урицкого, д. 52.  
Тел.: +7 (800) 201-6385.



Олег Ачкасов,  
инженер САИР  
ООО "Максофт-24"  
E-mail: oleg@maxsoft.ru

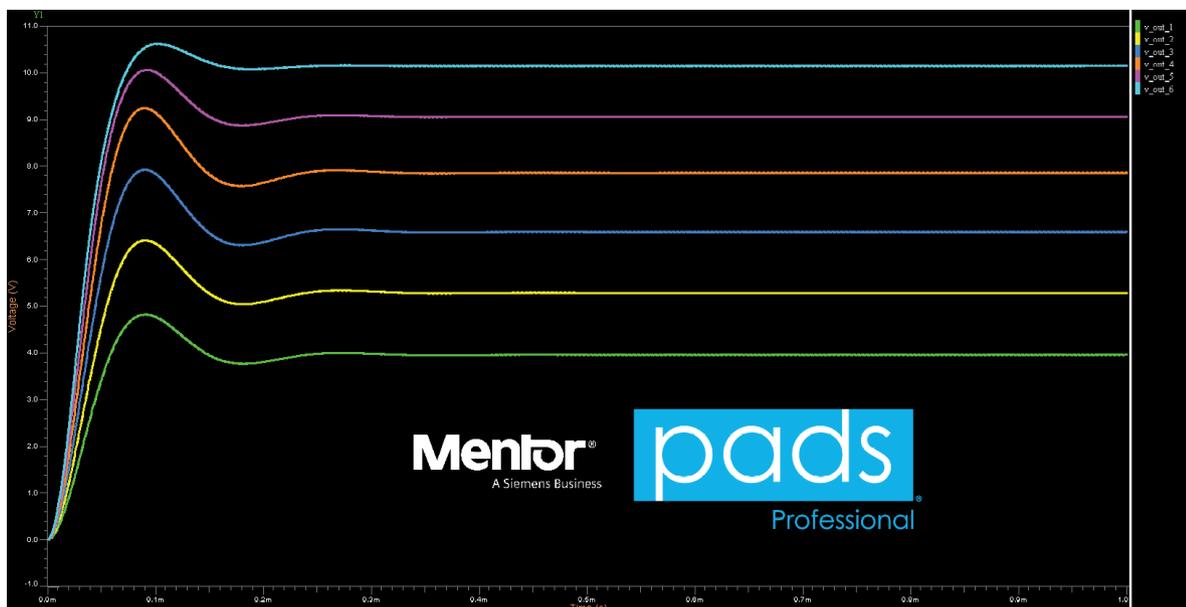
## Inali и сообщество открытых инноваций от 3DEXPERIENCE Lab компании Dassault Systèmes за несколько дней разработали интеллектуальный аппарат ИВЛ



Лаборатория Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE Lab помогла некоммерческому индийскому стартапу Inali в сжатые сроки разработать безопасный и доступный интеллектуальный аппарат искусственной вентиляции легких. Проектирование, выполненное на платформе 3DEXPERIENCE, заняло менее восьми дней.

Цифровые облачные приложения позволили специалистам Inali в режиме реального времени взаимодействовать с экспертами вне зависимости от их местонахождения. Благодаря коллективной работе удалось быстро создать 3D-модель аппарата, смоделировать его работу, изготовить и протестировать прототип. Интеллектуальный аппарат ИВЛ способен определять и оптимизировать такие параметры, как требуемая скорость движения воздуха и его давление. Также он может устанавливать необходимый уровень кислорода для каждого конкретного пациента.

Аппараты ИВЛ играют ключевую роль в лечении пациентов, страдающих COVID-19. По мере роста случаев заболевания Индия может столкнуться с нехваткой ИВЛ и импортных деталей, необходимых для их производства. Представленный Inali аппарат спроектирован так, что изготовить его можно в короткие сроки и не прибегая к импорту. Это позволит с минимальными затратами удовлетворить потребности лечебных учреждений. Проектно-конструкторскую документацию, необходимую для производства таких аппаратов, Inali опубликует в открытом доступе для всех желающих начать их выпуск.



## ЦИФРО-АНАЛОГОВОЕ И СМЕШАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В PADS PROFESSIONAL

### Введение

Одной из очень полезных функций, включенных в состав PADS Professional, является встроенный инструмент моделирования аналоговых смешанных сигналов (AMS), благодаря которому вы можете моделировать ваши схематические проекты с использованием модели SPICE и VHDL-AMS. Возможность использования обоих вариантов моделей позволяет выполнять более гибкую и точную проверку сложных мехатронных систем. Выполняя моделирование до начала этапа компоновки, трассировки или производства, вы сможете гарантировать, что ваши схематические решения будут работать так, как вы задумывали, и при этом исключите проблемы, связанные с их эксплуатационными характеристиками. В предлагаемом примере мы спроектируем и смоделируем схему генератора с использованием моделей SPICE и VHDL-AMS. А затем рассмотрим, как использовать интегрированные функции AMS для моделирования уже существующих схем.

### Создание схемы

В PADS Designer мы спроектировали частично законченный контур осциллятора. Первое, что мне нужно сделать, это добавить недостающие элементы схемы и связанные с ними имитационные модели. Специальный инструмент для поиска и размещения символов можно за-

пустить непосредственно из панели инструментов моделирования AMS в PADS Designer. Первый компонент, который я размещу на схеме, — это операционный усилитель LM741, который представлен стандартным 7-выводным символом, расположенным в подразделе *SpiceMacromodel* (рис. 1).

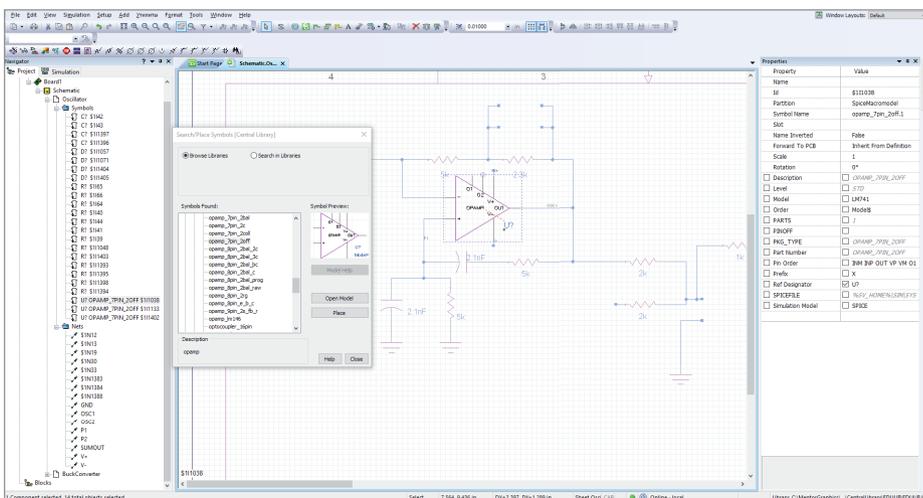


Рис. 1. Добавление символа операционного усилителя в частично законченную схему осциллятора

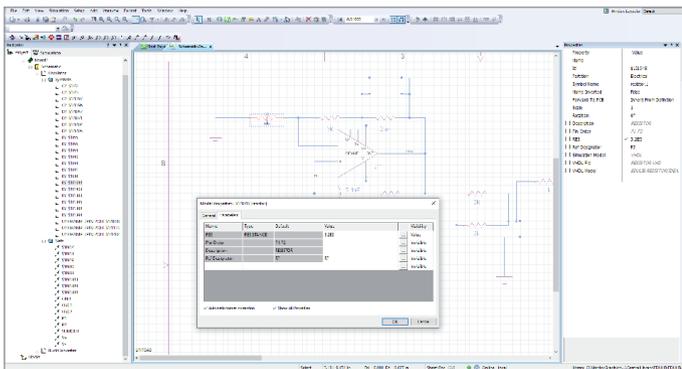


Рис. 2. Присвоение номинала резистору через окно *Model Properties*

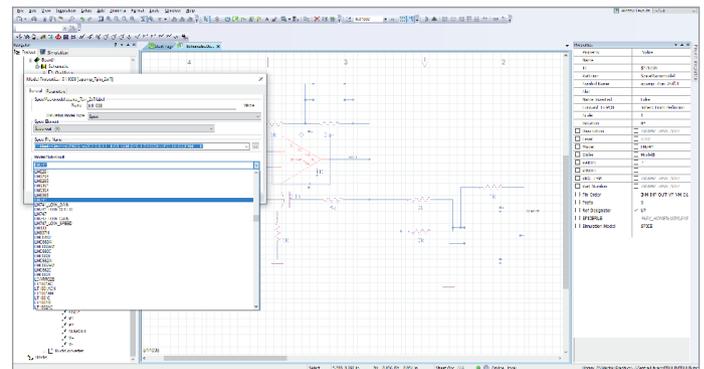


Рис. 3. Назначение имитационной SPICE-модели LM741 символу операционного усилителя

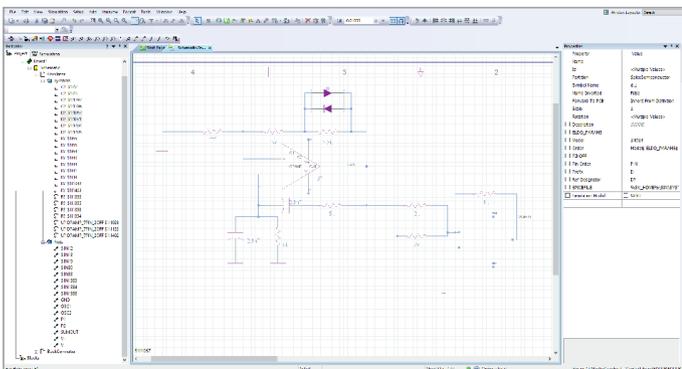


Рис. 4. Добавление двух параллельных диодов в схему осциллятора

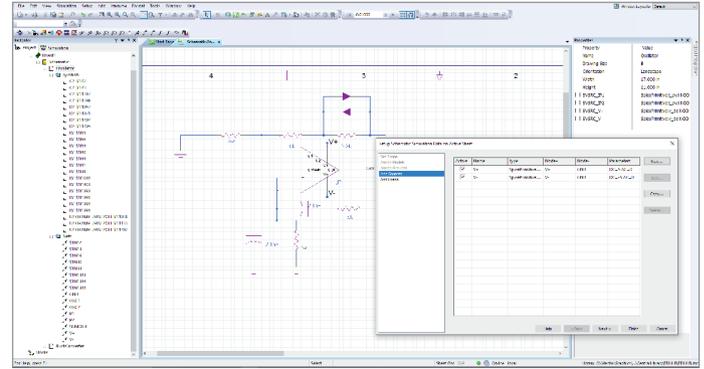


Рис. 5. Добавление положительного и отрицательного источников напряжения для операционника

Аналогичным способом разместим из библиотеки символ недостающего резистора с привязанной VHDL-AMS моделью. После того как мы разместили символ резистора, кликаем правой кнопкой мыши на символе и выбираем *Edit Model Properties*. В появившемся окне *Model Properties* я могу отредактировать все необходимые свойства модели, в том числе выбрать конкретный part number и задать нужные числовые параметры. В нашем случае я присваиваю компоненту заранее рассчитанное значение резистора в 3,2 КОм, которое необходимо для достижения правильного усиления осциллятора (рис. 2).

Далее аналогичным образом через окно *Model Properties* выбираем для символа операционного усилителя нужную модель микросхемы. В выпадающем списке *Spice File Name* показаны все доступные разделы библиотеки моделей. В списке *Model/Sub-circuit* отображаются все компоненты, входящие в выбранную библиотеку моделей. Здесь я выбираю модель операционника: LM741 (рис. 3). После выбора модели открывается окно, где вы можете сопоставить выводы модели с выводами символа (это происхо-

дит автоматически, но при необходимости вы всегда можете их переназначить). Чтобы закончить эту схему генератора с мостом Вина, мне понадобится пара диодов. SPICE-примитив диода может быть размещен непосредственно из панели инструментов моделирования в PADS Designer. После размещения символа я следую той же процедуре, что и при использовании операционного усилителя LM741, чтобы выбрать нужную модель компонента. В нашем случае мне нужна модель 1N914. Данная схема требует, чтобы эти диоды были размещены параллельно и во встречном направлении для поддержания правильного коэффициента усиления и обеспечения стабильного состояния колебаний. После того как я назначил модель первому диоду, я могу просто скопировать этот символ со всеми назначенными ему свойствами и поместить его в необходимое место как второй диод (рис. 4).

### Формирование источников питания и сигналов

В PADS Pro Designer, благодаря полностью интегрированной платформе моделирования AMS, модели земли и пита-

ния могут быть добавлены без необходимости создания и размещения отдельного схематического символа. Перед тем как добавить положительные и отрицательные модели источника напряжения для моего операционного усилителя, я сначала нарисую цепи, подключу их к положительному и отрицательному выводу символа и назову их соответствующим образом. Далее выбираю *Setup Schematic* на панели *Simulation* и в появившемся окне перехожу на вкладку *Add Sources* (*Добавить источники*). Так как на предыдущем шаге я уже указал имена цепей питания, подключенные к контактам операционного усилителя, выбор этих цепей для назначения им положительных и отрицательных 5-вольтовых источников будет очень простым процессом (рис. 5).

На этих моделях источника есть возможность включить опцию моделирования по переменному току (AC). Она может использоваться, когда вы хотите промоделировать частотный отклик данного домена в другой цепи постоянного тока. Я не буду использовать опцию моделирования переменного тока для источников напряжения операционника, но до-

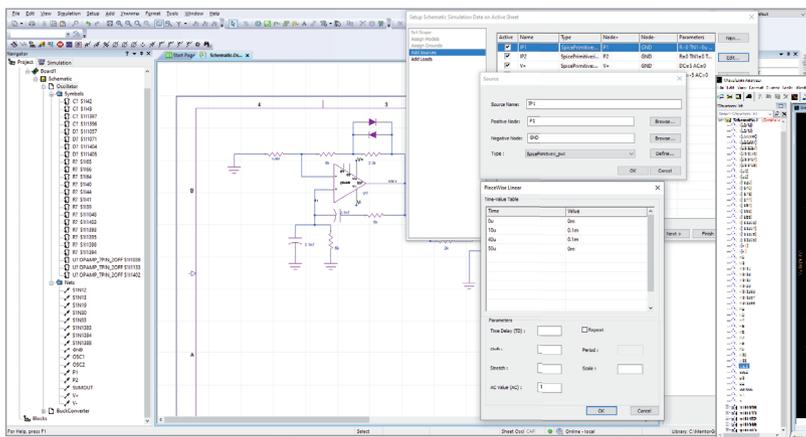


Рис. 6. Создание кусочно-линейного источника тока для скачкообразных осцилляций



Рис. 7. Моделирование формы выходного сигнала во временной области для схемы генератора

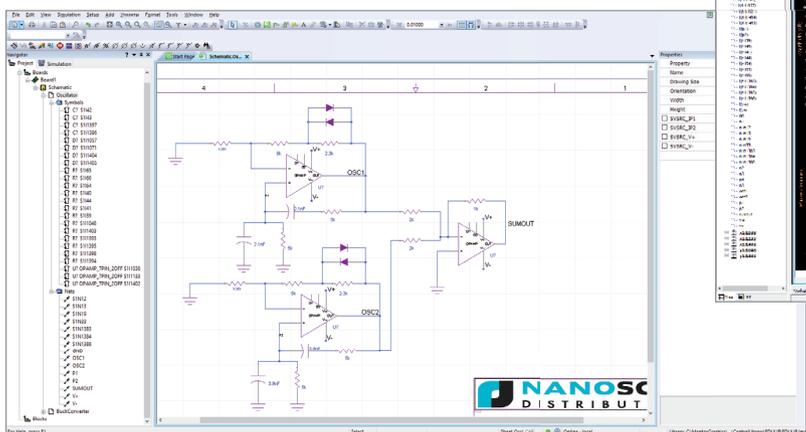


Рис. 8. Готовая схема с двумя генераторами и суммирующим усилителем

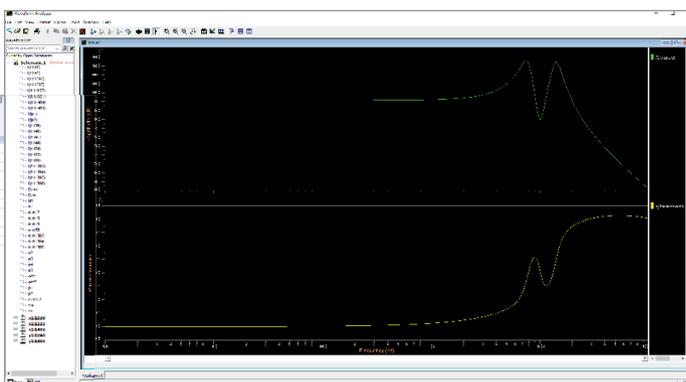


Рис. 9. Моделирование всей схемы в частотной области. Отчетливо видны оба синусоидальных сигнала

бавлю кусочно-линейный источник тока с опцией анализа по переменному току в RC-цепь (P1) своей схемы генератора. Цель – имитировать переходные процессы включения, которые запускают колебания в реальных условиях. Для кусочно-линейного источника тока я хочу, чтобы 0,1 мА включались на 30 мкс, а затем выключались при значении переменного тока, равном 1 А. Этого будет достаточно, чтобы запустить осцилляции (рис. 6).

### Моделирование

После того как мы добавили все источники, можно приступить к самому моделированию схемы. Я выбираю только ту часть схемы, которую хочу смоделировать в PADS Designer, затем щелкаю правой кнопкой мыши и выбираю *Simulate Selected Components (Моделировать только выбранные компоненты)*. Начну с анализа во временной области

(5 мс). Я надеюсь увидеть выходную синусоиду с частотой около 14 кГц. Быстро просмотрев и оценив смоделированный выходной сигнал, делаю вывод, что эта схема работает так, как и ожидалось (рис. 7).

Теперь, когда я знаю, что этот осциллятор правильно работает на частоте 14 кГц, скопирую эту схему и изменю значения конденсаторов в RC-цепочке, чтобы смоделировать второй осциллятор на частоте 8 кГц. Далее включу в схему третий операционный усилитель, который будет действовать как простой сумматор, чтобы сложить две синусоиды вместе (рис. 8). Наконец, мне, как и ранее, нужно добавить кусочно-линейный источник тока в цепь (P2). Я буду использовать для этого источника тока те же параметры, что и для первого генератора; таким образом, оба генератора будут запускаться одновременно. На практике я могу использовать эту схему для

устройств обработки сигналов, где выход на суммирующий усилитель является входом в АЦП.

PADS Professional позволяет выполнять подобные симуляции на любых этапах проектирования. Таким образом, выполняя моделирование на разных этапах проекта, вы можете значительно уменьшить или полностью исключить нежелательные функциональные сюрпризы в готовом изделии. Теперь я готов смоделировать весь лист со схемой, чтобы убедиться, что вся система работает, как и ожидалось. На этот раз полностью моделирование в частотной области от 1 Гц до 100 КГц, чтобы получить четкое визуальное представление о работе всей системы. Посмотрев на выходной сигнал схемы суммирования (рис. 9), можно ясно видеть два синусоидальных сигнала, каждый из которых функционирует на своих заданных частотах.

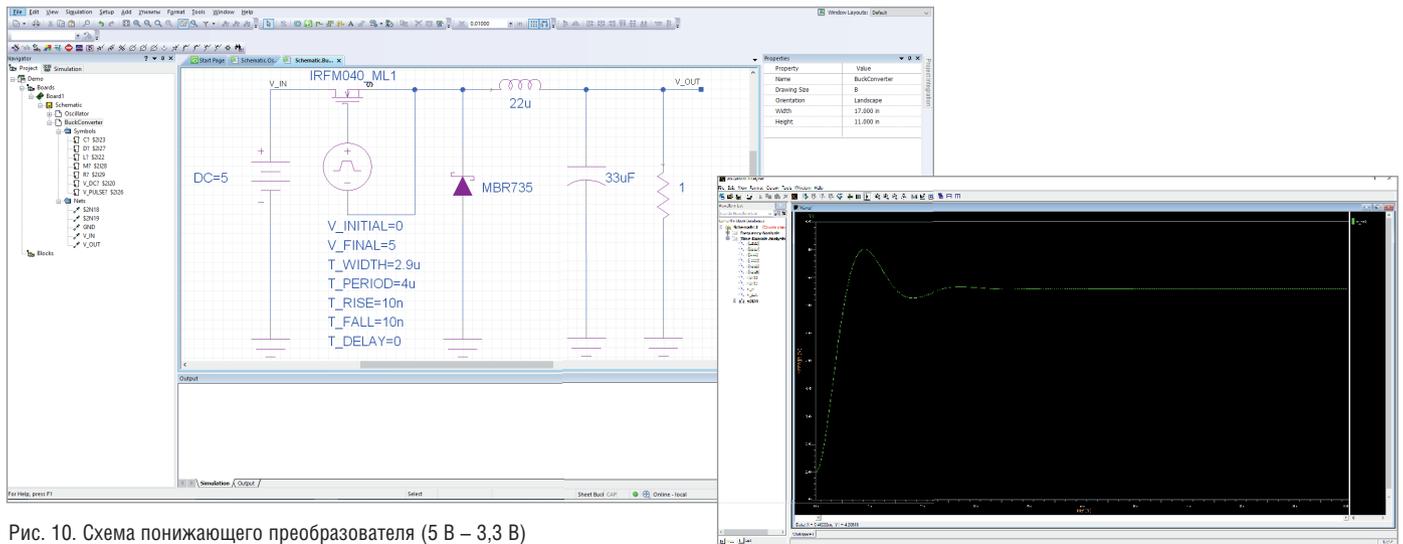


Рис. 10. Схема понижающего преобразователя (5 В – 3,3 В)

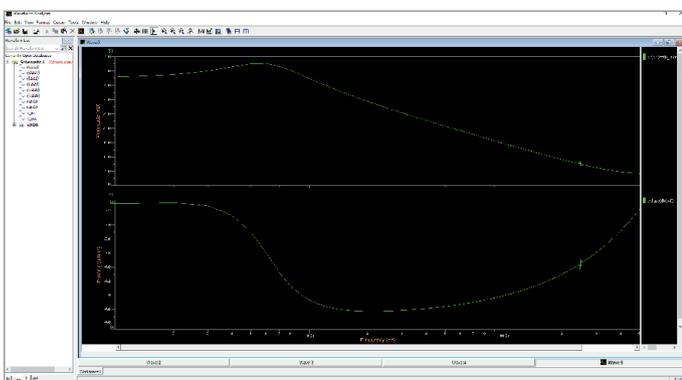


Рис. 12. БПФ и ФЧХ выходного сигнала понижающего преобразователя

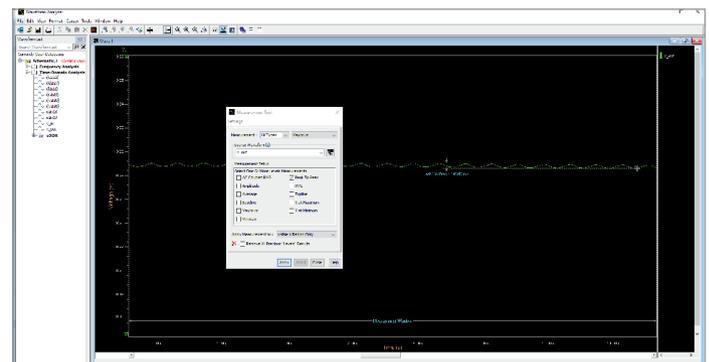


Рис. 11  
 а) Форма сигнала  $v_{out}$ , показывающая напряжение 3,3 В;  
 б) Анализатор формы сигнала, используемый для расчета пикового значения пульсации выходного напряжения

### Различные виды анализа

Вернемся к нашей схеме. Я также создал простой понижающий преобразователь (5 В – 3,3 В) с частотой переключения 250 кГц (рис. 10). Для создания необходимой моделирующей формы сигнала и подтверждения правильной функциональности схемы я хочу посмотреть БПФ выходного сигнала во временной области. Я могу сделать это, установив флажок *Enable FFT* в разделе *Time-Domain Analysis (Анализ во временной области)* всплывающего окна *Simulation Control (Управление моделированием)*. На вкладке *Results* в окне *Simulation Control* могу настроить выборочный запуск БПФ только для выходного сигнала. Выбрав конкретный интересующий меня сигнал для выполнения БПФ вместо того чтобы делать преобразование для всех сигналов в схеме, я значительно сокращаю общее время моделирования. Далее запускаю сам процесс моделирования. В первую очередь я хочу измерить вы-

ходную пульсацию напряжения, чтобы убедиться, что оно попадает в пределы допустимых эксплуатационных ограничений. Выбираю сигнал  $v_{out}$  из левой панели окна *Waveform Analyzer*. В целом видно, что выходное напряжение, как и ожидалось, устанавливается примерно на уровне 3,3 В (рис. 11а). Для измерения пульсации напряжения я увеличу небольшой участок исследуемого сигнала и воспользуюсь встроенным калькулятором формы сигналов, чтобы получить пиковое значение пульсации напряжения (рис. 11б). Калькулятор формы сигналов может широко использоваться для подобных и многих других типов вычислений. Для более глубокого понимания работы импульсного преобразователя я могу посмотреть форму сигнала БПФ, которую включил для  $v_{out}$ . Ее можно найти в разделе *Fourier Analysis*, слева в окне *Waveform Analyzer*. Для лучшей интерпретации результатов представлю

ось X в логарифмическом масштабе. Теперь я вижу, что по амплитуде и фазе выходного сигнала отчетливо виден эффект низкочастотного фильтра выходного конденсатора, индуктивности и резистивной нагрузки, также ясно видно ослабление гармоники на частоте переключения 250 кГц (рис. 12). Помимо стандартных сценариев моделирования во временной и частотной областях, я также могу запустить другие виды анализа – например, sweep-анализ, анализ Монте-Карло, анализ чувствительности и анализ наихудшего случая. Я выполню sweep-анализ (развертку), чтобы посмотреть на поведение моего импульсного преобразователя в различных диапазоне входных напряжений. Sweep-параметром будет источник входного напряжения, и я установлю диапазон от 6 до 16 В с шагом в 2 В. Sweep-анализ может быть невероятно полезным, помогая вам понять, как ваша схема будет вести себя при различных сце-

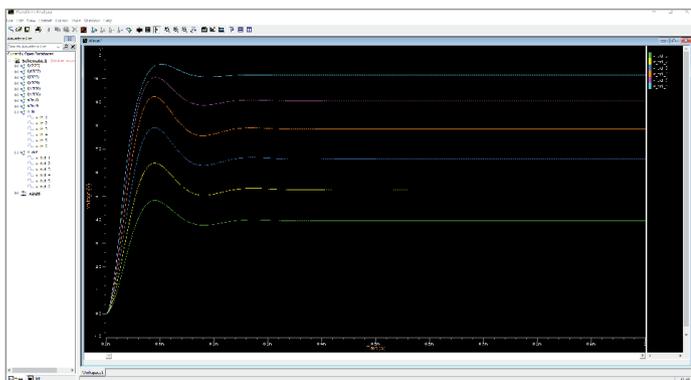


Рис. 13. Форма выходного напряжения понижающего преобразователя в диапазоне входных напряжений

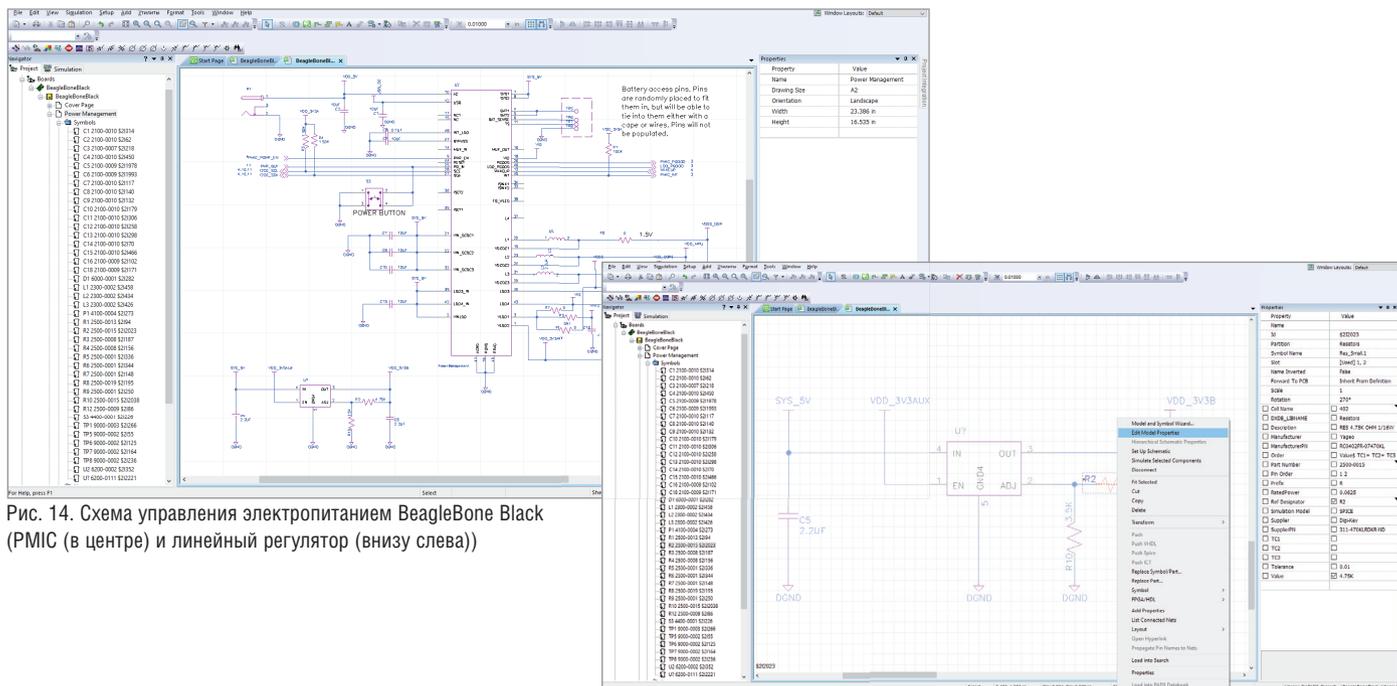


Рис. 14. Схема управления электропитанием BeagleBone Black (PMIC (в центре) и линейный регулятор (внизу слева))

Рис. 15. Присвоение моделей ранее размещенным символам компонентов

наряях. На рис. 13 вы можете видеть результаты sweep-моделирования со всеми выходными сигналами понижающего преобразователя в заданном мной диапазоне входного напряжения. Другие доступные расширенные возможности моделирования могут дать вам дополнительное представление о производительности. Например, анализ Монте-Карло может показать вам важную статистическую информацию о реальных рабочих характеристиках проектируемого изделия. Это поможет вам предсказать потенциальные отказы в функционировании изделия, а также наихудшие сценарии развития событий.

### Функциональное моделирование BeagleBone Black

Далее для моделирования я буду использовать схему одноплатного компьютера BeagleBone Black, которая свободно распространяется и является opensource-

проектом. На листе *Power Management* схемы (рис. 14) PMIC обеспечивает большинство требований по питанию для платы. Хотя эта микросхема обеспечивает выход в 3,3 В, ее недостаточно для питания всех потребителей на плате. Для компенсации этого используется отдельный линейный регулятор, на вход которого подаются 3,3 В, формируемые в PMIC. Давайте теперь промоделируем секцию линейного регулятора на нашей схеме.

При моделировании схемы линейного регулятора мне нужно будет назначить модели компонентов для символов, размещенных на схеме. Я скачал SPICE-модель для этого конкретного LDO с сайта производителя, а для резисторов и конденсаторов могу использовать стандартные SPICE-примитивы, входящие в библиотеку. Для назначения моделей резисторов и конденсаторов буду следовать тем же шагам, что и ранее,

поэтому просто щелкну правой кнопкой мыши на компоненте и выбираю *Edit Model Properties* (рис. 15). Единственное отличие данного сценария заключается в том, что символы для этих компонентов не были выбраны из библиотеки AMS, вместо этого они размещены из центральной библиотеки компонентов. При назначении моделей для этих элементов мне придется выполнять pin mappings, но не понадобится указывать номиналы компонентов. Связано это с тем, что информация о номиналах автоматически извлекается из центральной библиотеки проекта.

При назначении модели LDO я могу выбрать ранее скачанную мной модель, хранящуюся на локальном диске, нажав на три точки рядом со *Spice File Name* (рис. 16а). Поскольку символ компонента и файл модели не являются стандартными для библиотеки AMS, то для правильного моделирования необходимо

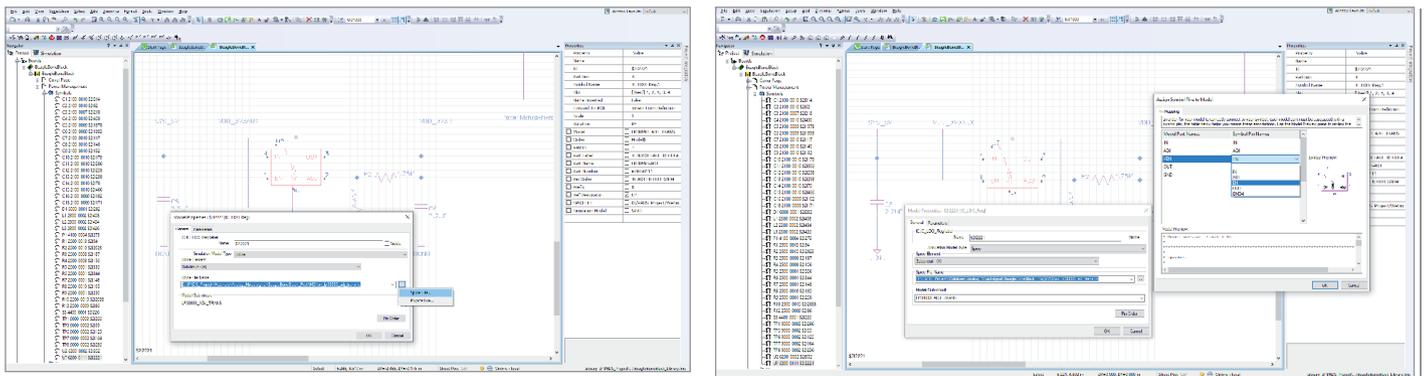


Рис. 16  
 а) Можно выбрать локальную SPICE для модели LDO;  
 б) Сопоставление выводов в SPICE-модели с выводами на УГО

сопоставить выводы, указанные в модели, с выводами на символе (рис. 16б). После того как мы назначили все необходимые модели, необходимо задать источники питания. Я хочу посмотреть, как LDO работает при запуске, поэтому настрою источник напряжения на выводе (EN) так, чтобы через 1 мс он достиг значения 3,3 В. Это будет имитировать выход 3,3 В с микросхемы РМІС. Для этого я следую тому же самому процессу, который показывал ранее, чтобы добавить кусочно-линейный источник питания на пин включения (EN). В завершение назначу источник 5 В на входной пин (IN) и землю на соответствующие земляные контакты. Добавив модели источников непосредственно к нужным цепям вместо того чтобы добавлять отдельные символы для моделирования, я могу сохранить схему в ее первоначальном состоянии. Запустив моделирование во временной области (до 5 мс) и проанализировав выходной сигнал, можно четко увидеть включение устройства при достижении напряжения на пине (EN) 3,3 В. Применив инструменты для измерения

и расчета уровня напряжения, я вижу, что уровень выходного напряжения не является достаточным. Для питания потребителей мне нужно получить 3,3 В, однако эта итерация моделирования показывает, что максимальное полученное напряжение составляет примерно 3 В (рис. 17). Значит, скорее всего, существует проблема с номиналами резисторов в цепи обратной связи. Чтобы решить эту проблему, необходимо будет открыть datasheet на LDO. После некоторых простых расчетов я обнаружил, что выбранный мной номинал резистора R2 слишком велик, а это в свою очередь делает регулируемое выходное напряжение слишком низким. Далее я просто изменяю номинал резистора до соответствующего значения, а затем повторно запускаю моделирование. Анализируя формы полученных сигналов, вижу, что выходное напряжение теперь имеет необходимый уровень в 3,3 В (рис. 18). Данный случай показывает одну из многих сложностей, с которыми постоянно сталкиваются инженеры. Простая ошибка (например, неправильно подобранное значение резисто-

ра) может привести к сбою в работе схемы и, как следствие, к дорогостоящему перепроектированию устройства. Благодаря возможностям функционального AMS-моделирования я смог отловить эту проблему на ранней стадии проекта, внести необходимые изменения, а затем убедиться в правильности функционирования устройства. Таким образом, с помощью полностью интегрированного в PADS Professional инструмента AMS (цифро-аналоговое и смешанное моделирование) можно смоделировать поведение реальных схем, чтобы в дальнейшем не возникло никаких сюрпризов.



**Богдан Филипов**  
 АО "Нанософт"  
 Тел.: (495) 645-8626  
 E-mail: filipov@nanocad.ru

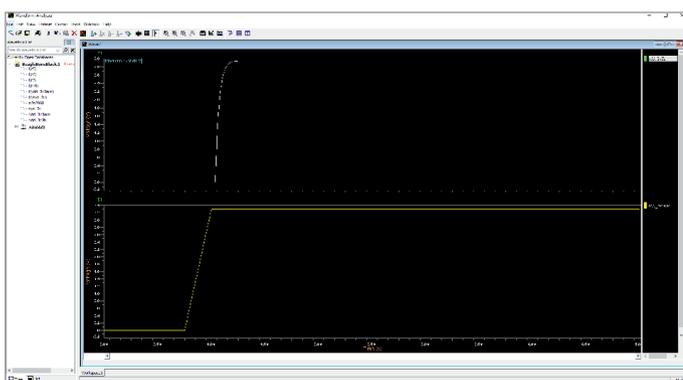


Рис. 17. LDO включается, когда напряжение на пине EN достигает необходимого значения, но в данном случае на выходе LDO мы получили недостаточное значение питающего напряжения

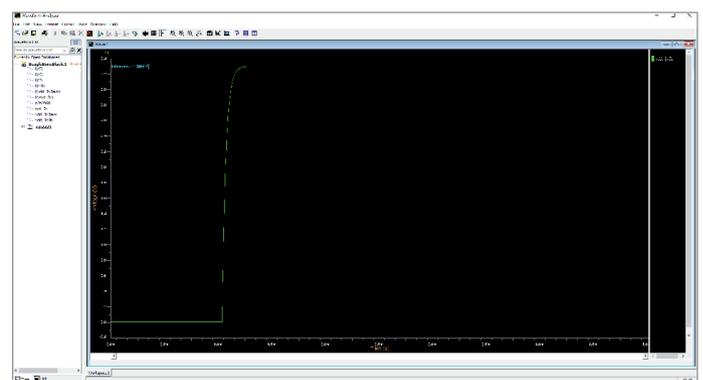
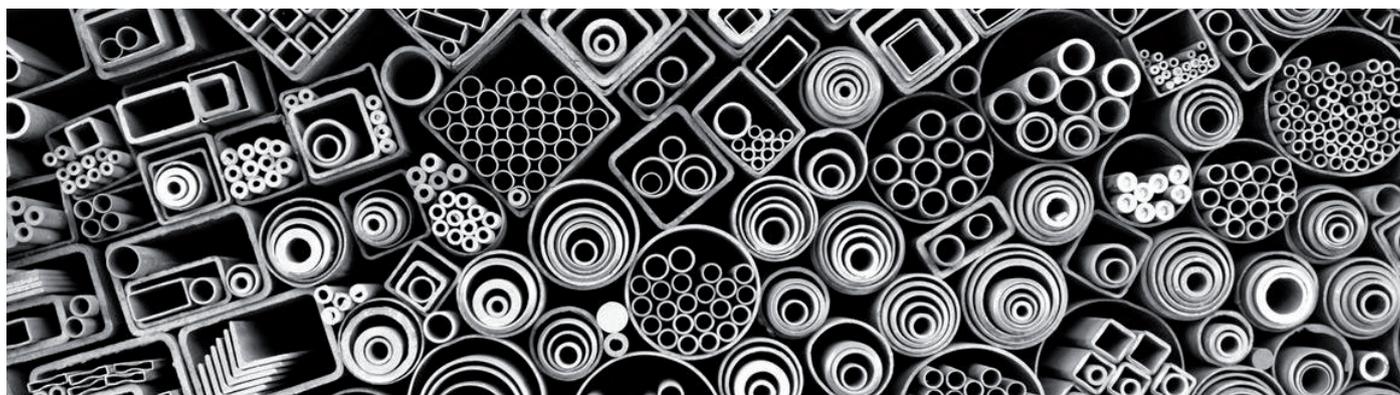


Рис. 18. Проверка уровня выходного напряжения 3,3 В для LDO



## ▶ СОВРЕМЕННАЯ НОРМАТИВНАЯ БАЗА В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

На сегодняшний день объемы стального строительства в России значительно ниже, чем во многих других странах. Имеющийся потенциал позволяет увеличить их в несколько раз. С этой целью в конце 2014 года была создана Ассоциация развития стального строительства (АРСС), в которую вошли ведущие производители и поставщики металлопроката, заводы по производству металлоконструкций, научно-исследовательские и проектные институты, архитектурные бюро, образовательные учреждения. Все они объединили усилия для продвижения стальных конструкций в гражданском строительстве – в том числе благодаря устранению нормативных барьеров. О том, что сделано на данный момент, и какие шаги Ассоциация планирует предпринять в ближайшем будущем, рассказывает руководитель проектов инженерного центра АРСС.

### Об Ассоциации развития стального строительства

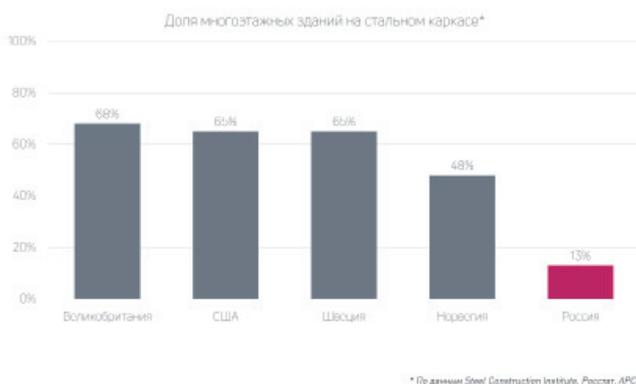
Ключевая цель Ассоциации – продвижение стальных конструкций в гражданском сегменте строительства (жилье, объекты социального назначения и городской среды – например, многоуровневые паркинги на стальном каркасе). Как показывает статистика, объемы стального строительства в России значительно ниже, чем в США и развитых странах Европы. Даже в холодной Скандинавии не менее 40% многоэтажных зданий возводятся на стальном каркасе, а в Швеции этот показатель и вовсе достигает 65%. В России, по самым оптимистичным оценкам, – 13%...

Ассоциация осуществляет свою деятельность по четырем основным направлениям:

- 1) совершенствование нормативно-технической базы и устранение барьеров, препятствующих использованию стальных конструкций при возведении зданий общественного назначения;



### Потенциал применения стальных конструкций



первых внедрили новые сортаменты в своем программном комплексе. В целом необходимо упрощать проектирование, предлагать готовое решение, которое инженеры могли бы быстро адаптировать к своим проектам и использовать в массовом строительстве.

### Нормативная база – основа для разработки проектных решений

В конце 2014-го, когда мы только начинали свою деятельность, действовали старые советские СНиПы, разработанные еще в 1980-е годы, что сильно осложняло применение современных стальных конструкций в строительстве. Дело в том, что советская нормативная база была ориентирована на промышленное строительство – продолжалась индустриализация страны, строилось много зданий промышленного назначения.

Сегодня на первый план вышло строительство социальных объектов и жилья, причем используются традиционные технологии: бетон, кирпич, деревянные конструкции. Скромные масштабы применения стальных конструкций объясняются отсутствием соответствующей нормативной базы и готовых инженерных решений для успешного прохождения экспертизы и сдачи объектов в эксплуатацию.

Ниже я расскажу о тех барьерах, которые существуют в нормативной базе и препятствуют продвижению стальных конструкций в строительстве, а затем представлю достижения Ассоциации в области разработки и доработки сводов правил и ГОСТов для преодоления этих барьеров.

- 2) разработка типовых проектов для федеральных и региональных строительных программ;
- 3) помощь участникам Ассоциации в разработке проектной документации для строительства зданий гражданского назначения и в прохождении экспертизы;
- 4) объединение участников Ассоциации в профессиональное сообщество.

### Процесс актуализации нормативно-технической базы в АРСС

Поясню, как мы видим для себя работу по актуализации нормативно-технической базы. Чтобы внести достоверные изменения, которые нашли подтверждение в строительной практике, вначале необходимо провести НИОКР. Далее на основании новых нормативных документов (национальных стандартов и сводов правил) разрабатываются руко-

водства для инженеров-проектировщиков – они призваны разъяснить специалисту, который раньше никогда не имел дела с новыми видами конструкций, как пользоваться положениями нормативных документов. Следующий этап – разработка типовых решений, необходимых инженерам в повседневной практике.

Если говорить о продвижении новых технологий в практику массового строительства, то здесь для начала необходим современный уровень нормативно-технической базы. Затем – подготовка кадров: организация курсов повышения квалификации и обучающих семинаров со специалистами отрасли, внедрение новых видов расчетных методик конструирования в программы вузов и современное инженерное ПО. В этой связи хотел бы отметить наших коллег из АО "Нанософт", которые одними из

### Основные направления деятельности АРСС

Направления	Цель	OKR-Objective key results (Ключевые достигнутые результаты)
Нормативно-техническая база	<ul style="list-style-type: none"> <li>Устранение ограничений в нормативно-технической документации и подзаконных нормативных актах, препятствующих применению стального проката в строительстве</li> </ul>	Устранение ограничений
Типовые проекты, Федеральные, Региональные строительные программы	<ul style="list-style-type: none"> <li>Определение рынка и потенциального потребления м/к</li> <li>Приоритизация</li> <li>Разработка подходов по конкретике и включение Федеральных/Региональных программ строительства. Включение экономически-эффективной проектной документации повторного использования в реестр Минстроя РФ</li> </ul>	Внесение проектов с использованием металлоконструкций в реестр Минстроя РФ
Центр технической экспертизы российского и зарубежного опыта Best Developed Practices	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обобщение и популяризация российского и зарубежного опыта (с роли/близко с его использованием типовых решений и Best Developed Practices)</li> </ul>	Количество использованных типовых (улов/решений) в реальных проектах
АРСС-Community	<ul style="list-style-type: none"> <li>Выстраивание АРСС-сообщества (ЗМК, проектировщики, архитекторы, студенты НИИ, металлурги + Гос/структуры и органы).</li> <li>Программы лояльности, АРСС-КЛУБ, АРСС-FEST/круглые столы, Знак Качества АРСС, и т.д.</li> <li>Повышение значимости бренда АРСС</li> </ul>	Количество и качество совместных мероприятий Количество и коллорб Участников Decision makers/ Influencers



## Существующие нормативные барьеры

### СП 28.13330 "Защита строительных конструкций от коррозии"

В этом своде правил отсутствуют современные виды атмосферостойкого проката, оцинкованного проката с полимерным покрытием, который производится в соответствии с ГОСТ 34180-2017, а также методики оценки сроков службы конструкций.

В целом сама концепция документа достаточно сильно устарела. Его разработчик, ЦНИИПСК им. Мельникова, не раз говорил, что свод правил необходимо полностью перерабатывать, а не вносить в него локальные изменения, которые только затрудняют инженеру чтение и восприятие документа. Так, например, изменения № 1 к редакции 2017 года фактически запретили использование металлочерепицы, оставив возможность применять ее только внутри отапливаемого помещения.

### СП 260.1325800 "Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования"

Этот свод правил приводит положения, касающиеся расчета легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК). ЛСТК – это новые виды наружных стен, панелей, которые легко монтируются и весят значительно меньше, чем традиционные стены из сборного железобетона. Нормативный барьер СП 260.1325800 содержится в разделе, посвященном пожарной безопасности: требования, указанные в этом разделе, не позволяют проектировщику соблюсти положения Федерального закона "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (№ 123-ФЗ).

В этой связи у экспертов всегда будет вопрос к проектировщику: как он выдержал требуемые пределы огнестойкости ЛСТК? И ответом здесь могут быть только результаты огневых испытаний. Но организовывать такие испытания для каждого здания и конструкции не всегда экономически целесообразно, проще отказаться от такой технологии в пользу традиционных решений, где ситуация с огнестойкостью той или иной колонны предельно ясна.

### СП 16.13330.2017 "Стальные конструкции"

Этот свод правил вырос из советского СНиП "Стальные конструкции" и сохра-

**Проблемы в отрасли**  
**Нормативная база – основа для разработки проектных решений**

*Проблемы в отрасли м/к на момент создания АРСС в декабре 2014 года:*

- Устаревшая нормативно-техническая база, например: до 1 июля 2015 года действовал СНиП «Стальные конструкции», разработанный в 1981 году, отсутствовали своды правил на проектирование и возведение современных конструктивных систем
- отсутствие актуальных пособий по проектированию
- отсутствие современных инженерно-технических решений для массового применения в строительстве

Актуализация нормативной базы должна разрешить проблемы:

- Снижение материалоемкости и, как следствие, оптимизация стоимости
- Сокращение сроков проектирования, повышение технологичности и надежности проектных решений
- Упрощение прохождения экспертизы ПД

нил в себе многие положения исходного документа. Фактически его можно считать актуализированным СНиПом, который с помощью точечных изменений пытаются приспособить к реалиям сегодняшнего дня.

Одна из коллизий содержится в пункте 4.1.2 документа: *"Конструкции, кроме замурованных в бетоне, кирпичной кладке или другими способами, должны быть доступными для наблюдения, оценки технического состояния, выполнения профилактических и ремонтных работ, не должны задерживать влагу и затруднять проветривание. Замкнутые профили должны быть герметизированы"*.

Год назад, когда мы с коллегами проходили экспертизу проекта детского сада, который на тот момент уже был построен в Туле, эксперт сказал нам, что если

мы используем стальные конструкции, то, основываясь на пункте 4.1.2 СП 16.13330, обязаны делать все конструкции внутри здания доступными для осмотра на весь период эксплуатации здания. Как известно, в соответствии с принятыми нормативными документами, первое обследование здания проходит через два года после сдачи в эксплуатацию, последующие осмотры конструкции проводятся раз в 10 лет.

В нашем случае, по мнению эксперта, этот пункт означает, что через два года после того как мы построили детский сад на стальном каркасе, мы должны его полностью разобрать, очистить каркас, осмотреть его и затем собрать здание заново. И так каждые 10 лет. Как выяснилось позже, после разъяснений разработчика документа, этот пункт касается

**Нормативные барьеры, препятствующие применению стальных конструкций. Строительные нормы**

Документ	Утверждающее/ Ответственная ведомства	Ограничения	Необходимые изменения
СП 28.13330 Защита от коррозии	Министрой РФ/ ФАУ «ФЦС»	1. Отсутствует методика оценки срока службы стальных конструкций и их защитных покрытий 2. Агрессивность среды не соответствует международным стандартам 3. Отсутствует класс атмосферостойких сталей (14ХГНДЦ и другие) 4. Отсутствуют классы цинковых покрытий свыше 275 г/м² по ГОСТ Р 52246-2016 5. Отсутствует оцинкованный прокат с полимерным покрытием по ГОСТ 34180-2017	1. В разделе 9 «Металлические конструкции»: Внести методику оценки срока службы стальных конструкций без защитных покрытий и с защитными покрытиями 2. Привести в соответствие с международным стандартом ГОСТ ISO 9223-2017 «Коррозионная агрессивность...» 3. Внести атмосферостойкие стали 4. Внести классы цинковых покрытий свыше 275 г/м² по ГОСТ Р 52246-2016 5. Внести оцинкованный прокат с полимерным покрытием по ГОСТ 34180-2017
СП 260.1325800 «Конструкции холодногнутые...»	Министрой РФ/ ФАУ «ФЦС»	1. Раздел 12 «Требования по обеспечению коррозионной стойкости» в своде правил СП 260.1325800 приводит к противоречию с требованиями СП 28.13330 «Защита от коррозии» 2. Раздел 13 «Требования по пожарной безопасности и огнестойкости» – данный свод правил не является нормативным документом в области пожарной безопасности	1. Исключить данный раздел из свода правил СП 260.1325800 и перенести его в свод правил СП 28.13330 «Защита от коррозии» 2. Исключить раздел 13 из свода правил СП 260.1325800, разработать взамен национальный стандарт на определение огнестойкости тонкостенных стальных конструкций

### Нормативные барьеры, препятствующие применению стальных конструкций. Строительные нормы

Документ	Утверждающее/ Ответственное ведомство	Ограничения	Необходимые изменения
СП 16.13330 Стальные конструкции	Минстрой РФ/ ФАУ «ФЦС»	п. 4.1.2 Открытые конструкции, не замкнутые в бетоне или в кирпичной кладке и т.п., должны быть доступны для наблюдения, оценки технического состояния, выполнения профилактических и ремонтных работ, не должны задерживать влагу и затруднять проветривание. Замкнутые профили должны быть герметизированы.	П. 4.1.2. изложить в редакции: «Открытые конструкции должны быть доступны для наблюдения, оценки технического состояния, выполнения профилактических и ремонтных работ, не должны задерживать влагу и затруднять проветривание. Замкнутые профили должны быть герметизированы. Открытыми являются конструкции, эксплуатируемые на открытом воздухе, то есть незащищенные от атмосферных воздействий. Данное требование не распространяется на конструкции, защищенные от атмосферных воздействий, замкнутые в бетоне или в кирпичной кладке и т.п., облицованные листовыми материалами и эксплуатируемые внутри отапливаемого здания.»
СП 70.13330 «Несущие и ограждающие конструкции»		Отсутствуют современные стальные конструкции. 1. Сталежелезобетонные конструкции 2. ЛСТК	Внести современные стальные конструкции: 1. Сталежелезобетонные конструкции 2. ЛСТК

### Нормативные барьеры, препятствующие применению стальных конструкций. Пожарные нормы

Документ	Утверждающее/ Ответственное ведомство	Ограничения	Необходимые изменения
ГОСТ 53295-2009 «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности»	Росстандарт/ ТК 274 «Пожарная безопасность» (МЧС РФ)	Стандарт не позволяет испытывать ЛСТК: конструкции	1. Указать критическую температуру для оцинкованных стальных холодногнутых профилей толщиной до 4 мм (ЛСТК) с низкой приведенной толщиной 2. Привести метод определения огнезащитной эффективности для ЛСТК 3. Заменить ссылку на действующие стандарты ГОСТ 8239 и ГОСТ 26020 на новый ГОСТ Р 57837
ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции»		Отсутствуют современные стальные конструкции	Необходимо добавить современные стальные конструкции: - каркасно-обшивные стены, - каркасно-обшивные перекрытия, - сталежелезобетонные перекрытия, - сталежелезобетонные комбинированные балки, - сталежелезобетонные колонны.
СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты»	МЧС РФ/ ВНИИПО	Неопределено жесткие ограничения для применения стали для открытых гаражей-стоянок	Необходимо снизить пределы огнестойкости для гаражей-стоянок открытого типа

### Нормативно-техническое регулирование. Основополагающие нормативные акты



только тех конструкций, которые эксплуатируются на открытом воздухе, то есть "открытых конструкций". Здесь необходимо сделать историческое отступление. Как я уже говорил, свод правил "Стальные конструкции" был разработан в 1980-е годы. Тогда никто не предполагал, что школы, детские сады, больницы будут строить на стальном каркасе. После возведения сталинских высоток применение стальных конструкций в гражданском строительстве было фактически запрещено постановлением правительства СССР. Считалось, что сталь – стратегический материал, который необходим для нужд индустриализации и обороны. Именно этим и объясняется, что пункт 4.1.2 ориентирован на строительство "открытых конструкций" – таких, например, как линии электропередач, технологические эстакады производственных зданий и прочие объекты инфраструктуры.

### СП 70.13330.2012 "Несущие и ограждающие конструкции"

Этот свод правил описывает требования к производству и монтажу различных видов конструкций, в том числе стальных. Главный его недостаток – отсутствие современных видов конструкций, таких как сталебетон и ЛСТК. В последние годы появились своды правил, регламентирующие проектирование этих конструкций, и в то же время требования к их производству на строительной площадке отсутствуют. Пробел, мешающий строителям сдавать уже построенные объекты в эксплуатацию...

### Пожарные нормы

Не лишены недостатков и действующие стандарты на огневые испытания для конструкций из сталебетона и ЛСТК. По словам представителей ведущих российских НИИ, существующие методики вполне к ним применимы, но в силу формальностей, которые прописаны в ГОСТах, использовать их можно только после внесения корректировок и адаптации этих стандартов.

### Основополагающие акты

Если в целом говорить о работе нормативно-технической базы в области строительства, прежде всего следует вспомнить Федеральный закон "О техническом регулировании" (№ 184-ФЗ от 27.12.2002 г.). На основании этого документа действуют два основных технических регламента: Федеральный закон "Технический регламент о безопасности

зданий и сооружений" (№ 384-ФЗ от 30.12.2009 г.) и Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (№ 123-ФЗ от 22.07.2008 г.). Чтобы выполнить требования этих регламентов, необходимо соблюдать положения перечней нормативных документов, указанных в этих ФЗ. Особенность 384-ФЗ состоит в том, что это, наверное, единственный технический регламент в России, где помимо добровольного перечня документов есть и обязательный, известный как Перечень 1521. В случае, если вы не соблюдаете требования обязательных и добровольных нормативных документов, это еще не означает, что вы нарушаете ФЗ. Вы можете предусмотреть мероприятия, которые компенсируют отступление от действия этих требований, разработать специальные технические условия (СТУ) с этими мероприятиями и согласовать их в Минстрое России. Аналогичная ситуация сложилась и в области документов по пожарной безопасности, при том что к 123-ФЗ обязательного перечня нет. ГОСТы, своды правил являются добровольными, но это не значит, что их можно нарушать. Здесь тоже при отступлении от нормативных документов необходимо разработать СТУ и согласовать их в МЧС, а также в Минстрое.

### Разработка специальных технических условий

Нужно отметить важный момент, связанный с разработкой СТУ. Участники АРСС часто обращаются к нам с просьбой разработать специальные технические условия на проектирование ЛСТК или сталебетона. Представители региональной экспертизы и строительного надзора ссылаются на часть 4 статьи 6 384-ФЗ, которая гласит, что национальные стандарты и своды правил, включенные в Перечень 1521, являются обязательными для применения, за исключением случаев осуществления проектирования в соответствии со специальными техническими условиями. Зачастую это трактуется экспертами так, что если мы проектируем по добровольным сводам правил, то все равно обязаны разрабатывать СТУ, поскольку на наши проектные решения нет обязательных требований, которые входят в этот перечень. По разъяснениям Главгосэкспертизы России, а также по результатам заседаний на уровне вице-премьера РФ принято решение провести разъяснительную

Нормативно-техническое регулирование  
**Разработка специальных технических условий (СТУ)**

**При разработке проектной документации по СП 260 (ЛСТК) и СП 266 (сталебетон) разработка СТУ не требуется!**

Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации

Правительство Российской Федерации

Министр

Владимир Владимирович Путин

№ 123 от 22.07.2008 г.

Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации

Правительство Российской Федерации

Министр

Владимир Владимирович Путин

№ 384 от 30.12.2009 г.

Письмо исполнительного органа государственной власти Российской Федерации (Федералу)

5.3. Федеральное письмо от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «Об техническом регулировании» часть 1 статьи 2 и часть 2 статьи 2 Федерального закона № 384-ФЗ СП 266.1325000.2016 «Иллюстрации инженерно-технические. Правила проектирования» и СП 266.1325000.2016 «Иллюстрации стальные тонкостенные из высокопрочных низколегированных и высокопрочных сталей. Правила проектирования» включены в Перечень № 831. Проектные изобретения в области сводов правил, включенных в Перечень № 831, являются исключительными объектами интеллектуальной собственности застройщика-разработчика.

На основании вышеизложенного, прошу принять исторически сложившееся предписание в рамках проведения государственной экспертизы проектной документации объектов капитального строительства гражданских и разрабатываемых специальных технических условий и в случае если проектная документация предусматривает применение при строительстве (реконструкции) объектов капитального строительства мероприятий в инженерной, проектной области при строительстве (реконструкции) объектов капитального строительства предусмотреть на объектной или объектной схеме утверждаемых сводов правил и стандартов.

Применение: по 5.3. и 1.184.

И.В. Вукина

работу с федеральными органами исполнительной власти и донести до них, что требовать СТУ в случаях, когда проектная документация разработана по добровольным сводам правил, недопустимо.

### Актуальные обновления законодательства и подзаконных актов

В 2019 году шла активная работа по обновлению подзаконных актов и Федеральных законов в области строительства. Упомяну, в частности, приказы Росстандарта, утверждающие добровольные перечни к 384-ФЗ и 123-ФЗ, а также обновление Перечня 1521. Если сравнить эти два вида перечней, мы увидим, что в них приведены одни и те же документы, но в разных редакциях, которые зачастую противоречат друг другу. Это приводит к коллизиям при проектировании и прохождении экспертизы.

Меняется и сам 384-ФЗ: с подготовленными изменениями вы можете ознакомиться по ссылке <https://regulation.gov.ru/projects#search=384&npa=95212>. Наиболее важные поправки вносятся сейчас в градостроительное законодательство. Изменения в Федеральный закон "Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации", которые были внесены летом 2019 года, привели к корректировкам Градостроительного кодекса. Так, в текущем году появится новый реестр нормативных документов, который необходимо применять при проектировании, проведении инженерных изысканий, в ходе строительства, а также при прохождении государственной экспертизы и сдаче объектов в эксплуатацию. Как будет работать этот новый пе-

Нормативно-техническое регулирование  
**Актуальные обновления законодательства и подзаконных актов**

- 02 апреля 2020 года утвержден **Приказ Росстандарта N 687** – это новый «добровольный» перечень к 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"
- 03 июня 2019 года утвержден **Приказ Росстандарта N 1317** – это новый «добровольный» перечень к 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
- Обновление **Перечня 1521** – проводится раз в 5 лет
- Федеральный закон **384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»** – подготовлены изменения в данный ФЗ и размещены по ссылке: <https://regulation.gov.ru/projects#search=384&npa=95212>
- Федеральный закон от 27.06.2019 N 151-ФЗ (ред. от 02.08.2019) "О внесении изменений в Федеральный закон "Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации" и отдельные законодательные акты Российской Федерации" – **вносит изменения в Градостроительный кодекс.**

➢ **Статья 57.4 – вводит новый Реестр («Перечень») документов в области инженерных изысканий, проектирования, строительства и сноса**

речень и что он будет собой представлять — пока неизвестно.

Федеральные законы, постановления Правительства РФ, приказы Росстандарта являются верхнеуровневыми документами. Следующими по важности идут ГОСТы и своды правил, которые мы применяем каждый день в нашей инженерной практике.

Давайте рассмотрим, каких успехов Ассоциации развития стального строительства удалось достичь за последнее время в области разработки и доработки этих нормативных документов.

В настоящее время вносятся изменения в ГОСТ Р 57837-2017 "Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Технические условия". Он полностью вообрал в себя сортамент СТО АСЧМ 20-93, также туда добавлены современные виды стального проката.

В конце 2019 года были разработаны изменения в ГОСТ 27772-2015 "Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия". Они позволяют убрать противоречия этого документа с действующими ГОСТами и сводами правил.

Стараниями Ассоциации появился новый ГОСТ Р 58774-2019 "Стены наружные каркасно-обшивные самонесущие и несущие с каркасом из стальных холодногнутох оцинкованных профилей. Общие технические условия", утвержденный Приказом Росстандарта 1412-ст от 19.12.2019 г. (вступил в силу 01.05.2020 г.). Для уже упомянутого СП 28.13330.2017 "Защита строительных конструкций от

коррозии" совместно с разработчиком документа и представителями отрасли мы подготовили изменение № 2, которое должно вступить в силу в мае 2020 года. В нем содержится компромиссное решение, которое снимет дискриминационные положения изменения № 1. Также вместе с разработчиком мы проводим ряд НИОКР и планируем в конце 2020 — начале 2021 г. выпустить изменение № 3, в котором появятся сроки службы различных видов материалов, что необходимо для развития темы жизненного цикла здания.

В течение 2018-2019 гг. совместно с ведущими российскими НИИ мы подготовили изменения к СП 260.1325800.2016 "Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутох оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования". Процедурная работа по их включению в этот документ запланирована на 2020 год.

В настоящее время совместно с ФАУ "ФЦС" и ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко мы готовим свод правил "Стальные конструкции. Огнестойкость и огнесохранность". Надеемся, что он выйдет в свет в этом году: документ важен тем, что содержит в себе методики расчетного определения огнестойкости и огнесохранности конструкции. Известно, что для определения этих характеристик 123-ФЗ разрешает пользоваться расчетными методиками, но сложилось так, что ни один нормативный документ такие методики не приводит, а значит их использование не может быть верифи-

цировано при прохождении экспертизы проектной документации.

В конце 2019-го мы также начали работу по разработке ГОСТ Р "Винты самосверлящие для строительных конструкций из стальных холодногнутох оцинкованных профилей. Общие технические условия". Саморезы — именно те крепежные изделия, которые чаще всего используются для конструкций ЛСТК. Необходимо, чтобы требования к этим видам метизов жестко соблюдались, предотвращая такие последствия, как коррозия крепежа или нарушение работы узлов соединения конструкций.

### Техническая литература от АРСС

Ассоциация много работает над созданием и выпуском технической литературы для архитекторов, застройщиков, инженеров, ГИПов. Вся эта литература распространяется бесплатно и может быть скачана с официального сайта АРСС.

### Сотрудничество с АРСС

Инженерный центр АРСС формирует планы совершенствования нормативно-технической базы совместно со специалистами отрасли. Для нас крайне важна обратная связь от представителей проектных организаций, строительных компаний: что мешает проходить экспертизу и сдавать объекты в эксплуатацию. Направляйте пожелания на e-mail [a.soskov@steel-development.ru](mailto:a.soskov@steel-development.ru), [info@steel-development.ru](mailto:info@steel-development.ru).



*Андрей Сосков,  
руководитель проектов  
инженерного центра  
Ассоциации развития стального  
строительства (АРСС),  
ПК 5 ТК 144*

Упрощение проектирования  
Техническая литература для проектировщиков

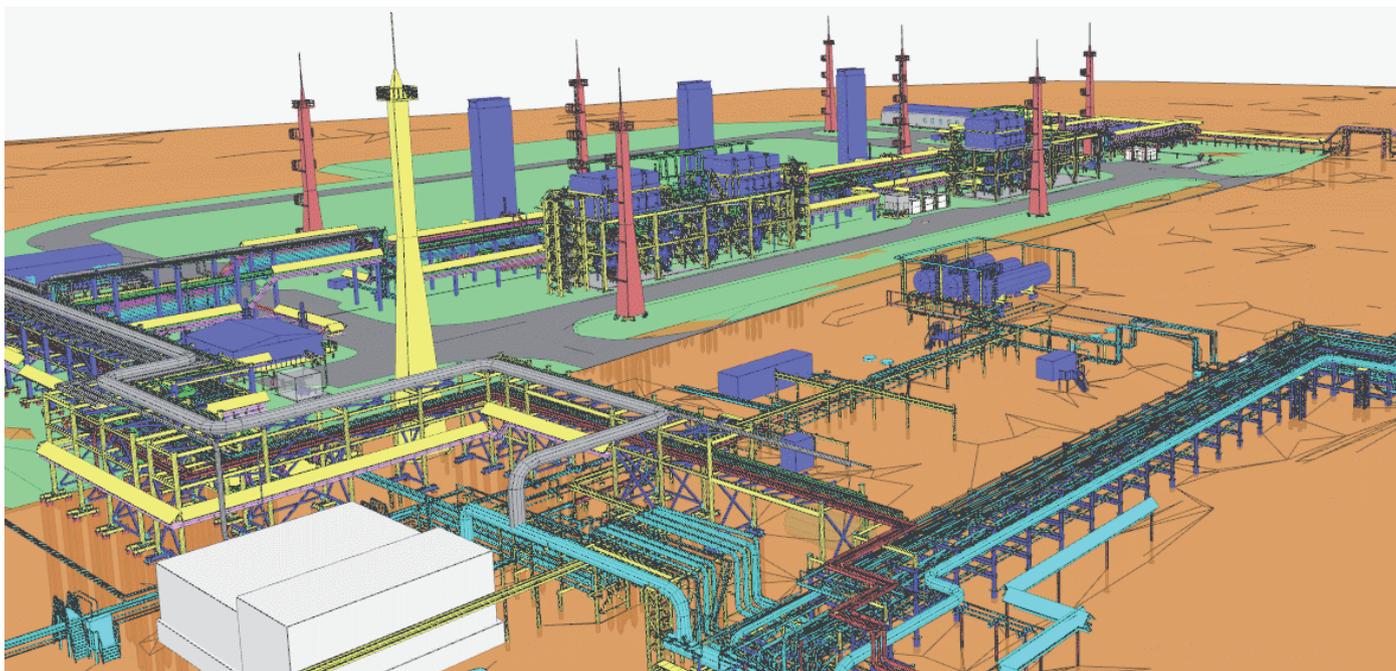
Пособия и руководства по разработке конструктивных решений:

- 2017/2018 Парковки
- 2018 Жилье
- 2018 Стальные каркасы
- 2018 Сталебетонные конструкции

Пособия в области огнестойкости и огнесащиты:

- 2015 Руководство
- 2017 Проект свода правил «Огнестойкость и огнесащитность стальных конструкций»
- 2018 Проект свода правил «Огнестойкость и огнесащитность стальных конструкций»

Видео выступления, посвященного затронутым в статье темам, смотрите на канале nanoCAD в YouTube: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_Obavv6MgQk&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=_Obavv6MgQk&feature=emb_logo) или на сайте информационно-поисковой системы NormaCS: <https://www.normacs.info/articles/824>.



## ➤ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ СИСТЕМЫ ТРЕХМЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ Model Studio CS В ООО "ОйлГазПроект"

**Т**рехмерное и информационное проектирование является наиболее важным направлением автоматизации проектной деятельности. Это хорошо понимают ведущие проектные компании страны, среди которых ООО "ОйлГазПроект", где еще с 2014 года используются программные продукты линейки Model Studio CS.

"ОйлГазПроект" — динамичная, быстро развивающаяся компания, выполняющая проектно-изыскательские работы для ТЭК. Это команда опытных профессионалов, способная решать задачи самой высокой сложности.

Виды проектируемых объектов:

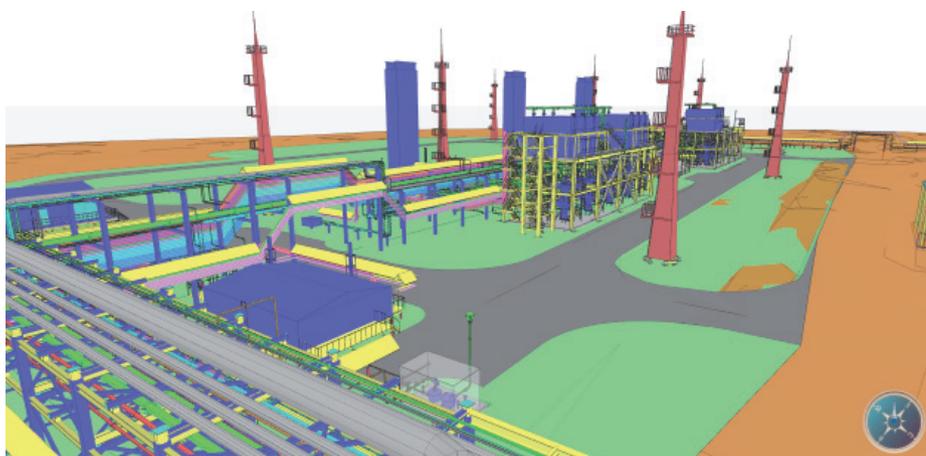
- обустройство месторождений нефти и газа;
- транспорт и хранение нефти, газа, нефтепродуктов;
- объекты нефтегазопереработки и нефтегазохимии;
- криогенные технологии;
- энергетика и связь;
- общая инфраструктура.

Решение на основе продуктов Model Studio CS обеспечивает комплексную автоматизацию всего цикла проектирования с существенным сокращением сроков и стоимости выполняемых работ,

повышением качества проектно-сметной документации и возможностью использования проекта не только на стадии строительства, но и в процессе эксплуатации.

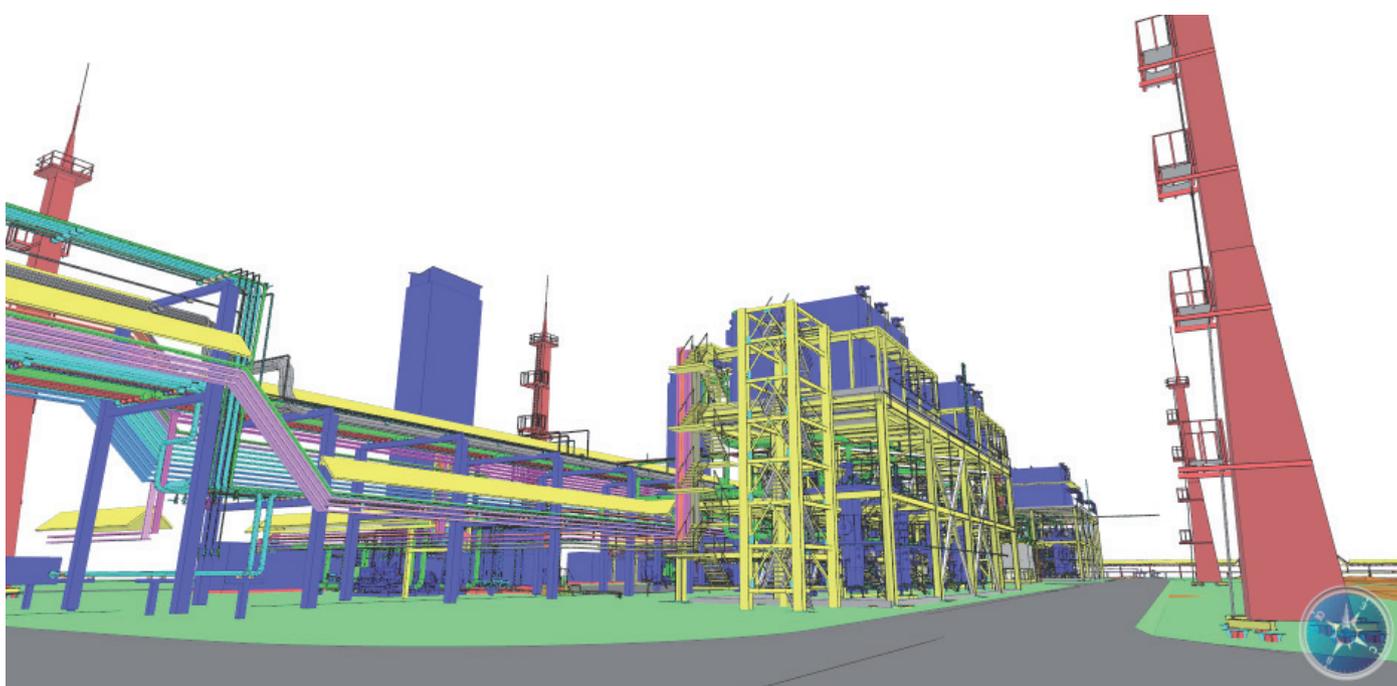
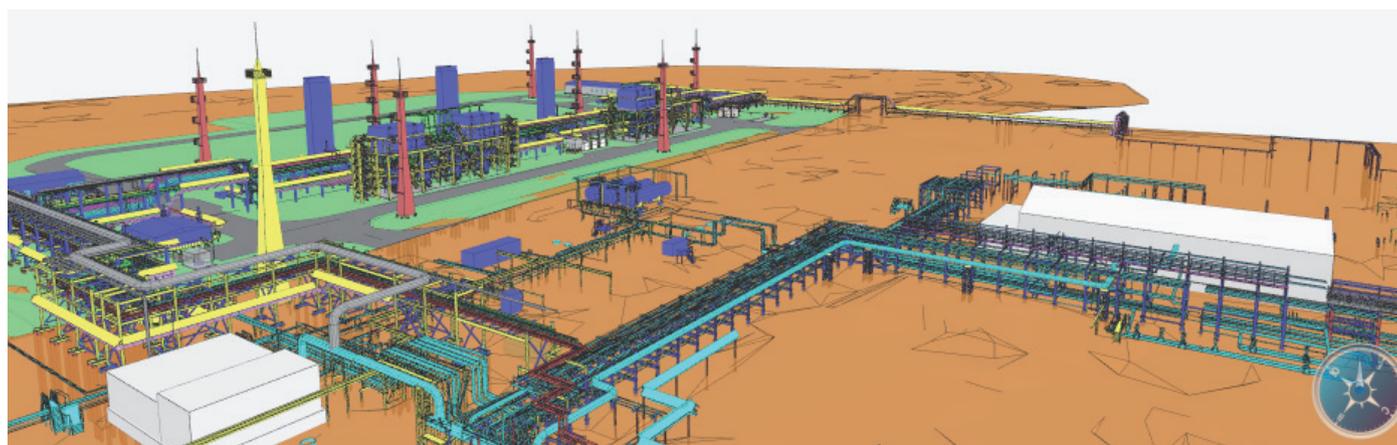
Model Studio CS изначально ориентирован на российские нормы и стандарты, содержит обширные базы данных оборудования, изделий и материалов. Как результат, значительно упрощаются его внедрение и техническое сопровождение, снижается нагрузка на ИТ-службы предприятий.

Model Studio CS работает в комплексе с базой данных CADLib Проект. Этот



инструмент управления 3D-проектом позволяет объединить в едином информационном пространстве комплексную трехмерную модель объекта строительства, документацию, спецификацию, календарный план и любую другую информацию об объекте.

Кроме того, в ООО "ОйлГазПроект" выполнена дополнительная адаптация Model Studio CS: разработаны собственные специализированные шаблоны и формы для ввода данных в модель и получения текстовой проектной документации, обеспечена возможность генерации различных BIM-отчетов по комплексной модели объекта. Такие инструменты, используемые в работе монтажно-техноло-



Трехмерная информационная модель дожимной компрессорной станции, выполненная в Model Studio CS и CADLib



Объект находится на стадии строительства. Место расположения: Ямало-Ненецкий автономный округ

гического отдела, применяются при получении отчетов об объеме воды для гидроиспытаний, отчетов по используемой арматуре, по регулирующим клапанам, по трубопроводам и фланцам. Сформированы шаблоны выдачи задания на основе 3D-модели для обеспечения взаимодействия специалистов смежных отделов.

Model Studio CS представляет собой, пожалуй, наиболее удачное решение для проектной организации, желающей внедрить трехмерное проектирование на основе программного обеспечения nanoCAD или AutoCAD. На наш взгляд, никакая другая программная разработка не предлагает столь богатых возможностей по столь умеренной цене.

При автоматизации проектных работ Model Studio CS обеспечивает пользователям существенные конкурентные преимущества. В основе этих преимуществ:

- возможность объединения различных специалистов в единой системе проектирования;
- объединение разнородных проектных данных в единой среде хранения и обработки;
- сокращение сроков разработки проектов благодаря ускорению процессов проектирования;
- совместимость с различными решениями от других производителей.



*Сергей Галкин,  
начальник отдела САПР  
ООО "ОйлГазПроект"*



*Александр Коростылёв,  
к.т.н., руководитель проекта  
АО "CuSoft"  
E-mail: korostylev@cssoft.ru*



©АО СиСофт Девелопмент, 2020

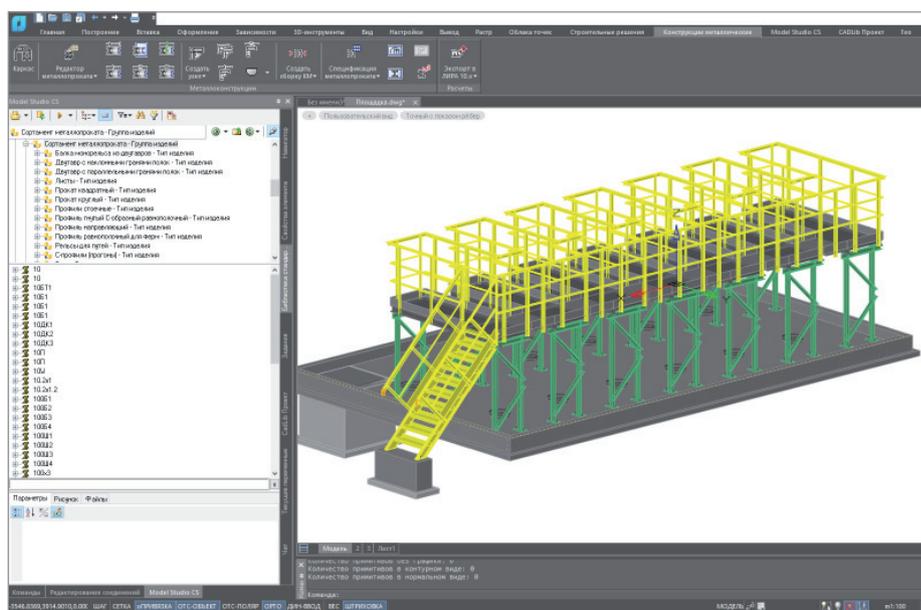
## ➤ Model Studio CS Строительные решения – ЭФФЕКТИВНОЕ И УДОБНОЕ СРЕДСТВО СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Программный комплекс Model Studio CS Строительные решения предлагает по-настоящему комфортный рабочий интерфейс, включающий максимально возможное пространство для обзора графики, оптимальное расположение панелей и меню, множество динамических подсказок и прекрасные инструменты проектирования.

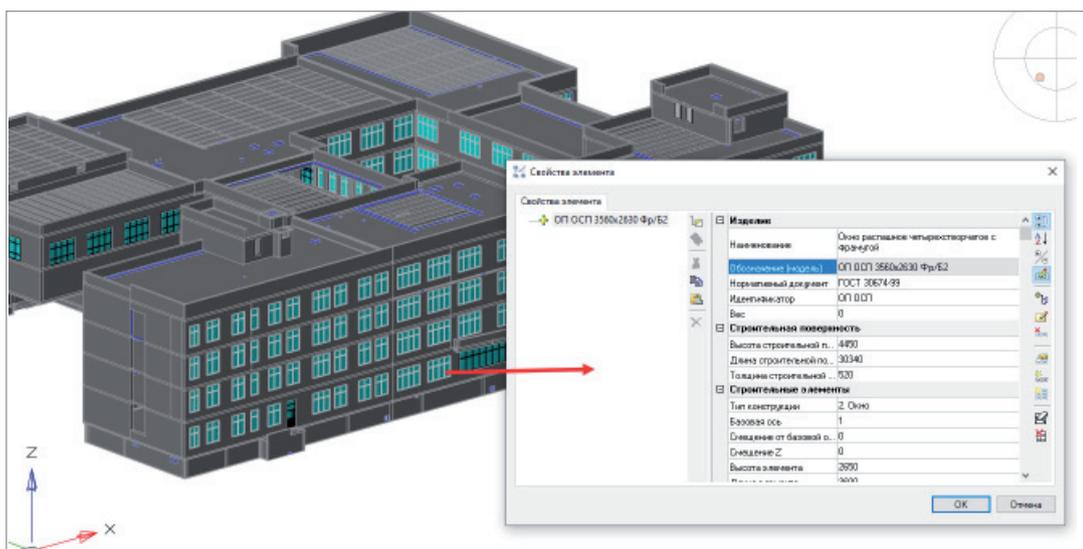
### Основные функциональные возможности программного комплекса

#### База строительных элементов, изделий и материалов

В Model Studio CS Строительные решения база данных строительных элементов, изделий и материалов актуализирована на текущий 2020 год и является самой важной составляющей программного комплекса. Интеллектуальные объекты, хранящиеся в базе, обеспечивают инженера необходимыми средствами создания модели. Строительные элементы базы данных содержат параметрические объекты с необходимым набором атрибутивной информации, а также дополнительную информацию и средства управления геометрией, обеспечивающие интеллектуальное поведение элементов.



База данных строительных элементов и изделий встроена в среду проектирования



Размещение ограждающих конструкций

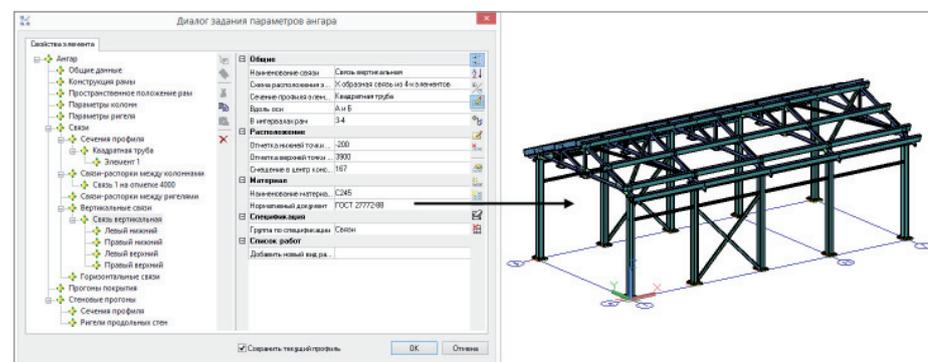
### Размещение ограждающих конструкций

Использование интеллектуальных параметрических архитектурно-строительных объектов (стены, сэндвич-панели, окна, двери, помещение, отделка, лестницы и др.) позволяет выполнять все необходимые виды операций по созданию раздела проекта АР.

### Создание металлических конструкций

Встроенные инструменты создания металлических конструкций и изделий на основе содержащихся в базе данных стандартных профилей металлопроката по ГОСТ, СТО, ТУ позволяют выполнять проекты и для отечественных, и для зарубежных заказчиков. В любой момент но-

менклатурный ряд может быть пополнен стандартными и нестандартными формами профилей. Инструмент *Составной профиль* предоставляет проектировщику возможность формировать составные сечения любого профиля и конфигурации.



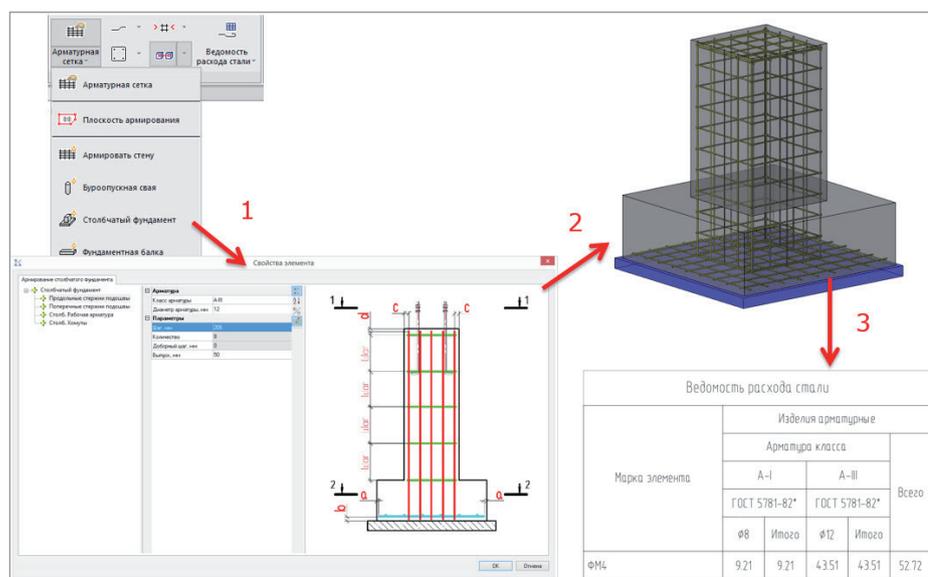
Генерация металлического каркаса путем ввода основных параметров

### Конструирование узловых соединений металлоконструкций

Конструирование узловых соединений металлоконструкций выполняется на основе типовых параметрических объектов базы данных или путем проработки узла вручную с использованием набора отдельных фасонных деталей (пластина, сварка, болты). Готовые узлы могут быть скопированы и изменены в модели, а также сохранены в библиотеку узловых соединений, что избавляет от необходимости многократно проделывать одну и ту же работу.

### Работа с железобетонными конструкциями

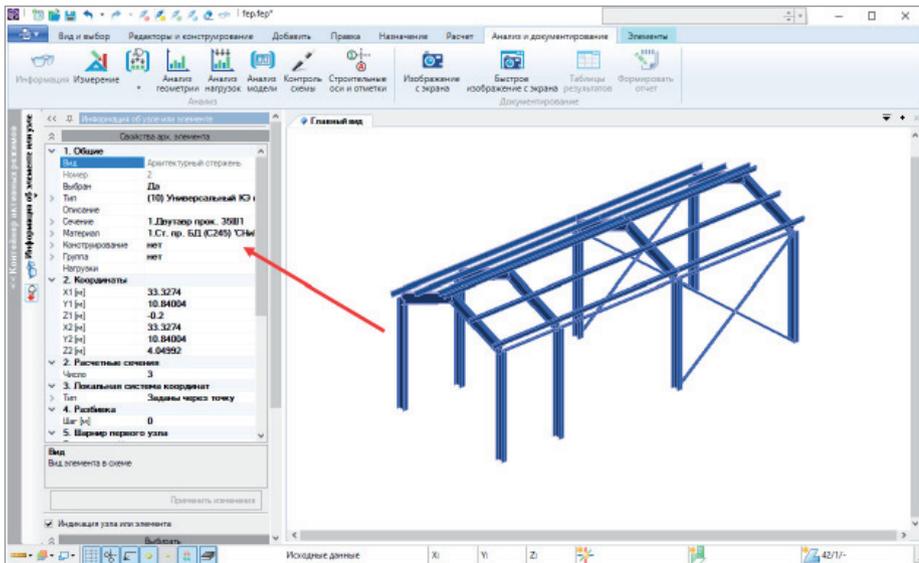
Существенно расширенные возможности работы с железобетонными конструкциями позволяют значительно упростить и ускорить процесс их размещения в модели. Формирование основания под блочные и блочно-модульные здания осуществляется путем выбора строительной сетки осей с возможностью задавать количество свай по осям X и Y, расстояние между ними, смещение свай от края блока, марку, отметки верха ростверков и длину свай в грунте.



Пример армирования столбчатого фундамента

### Армирование фундаментов

Автоматизированное армирование железобетонных конструкций производится с помощью специализированного мастера, путем ввода основных параметров. Это позволяет разместить в теле



Трехмерная модель Model Studio CS, открытая в программном комплексе ЛИРА 10.x

объекта арматурные изделия с учетом защитного слоя бетона.

### Ограничивающая призма

При использовании платформы paпoCAD Plus 20 специальная команда MCLIP, предназначенная для пользователей, работающих в 3D-пространстве, позволяет ограничить видимость объектов плоскостями. Изменять ограничивающую призму можно с помощью функциональных "ручек". Дополняет этот инструмент новая специальная панель

*Именованные виды*, которая позволяет сохранять настройки подрезки.

### Расчеты

Существует возможность передачи 3D-модели здания и данных по нему напрямую из программного комплекса Model Studio CS Строительные решения в программные комплексы ЛИРА-САПР, ЛИРА 10.x и SCAD Office для прочностного анализа конструкции методом конечных элементов.

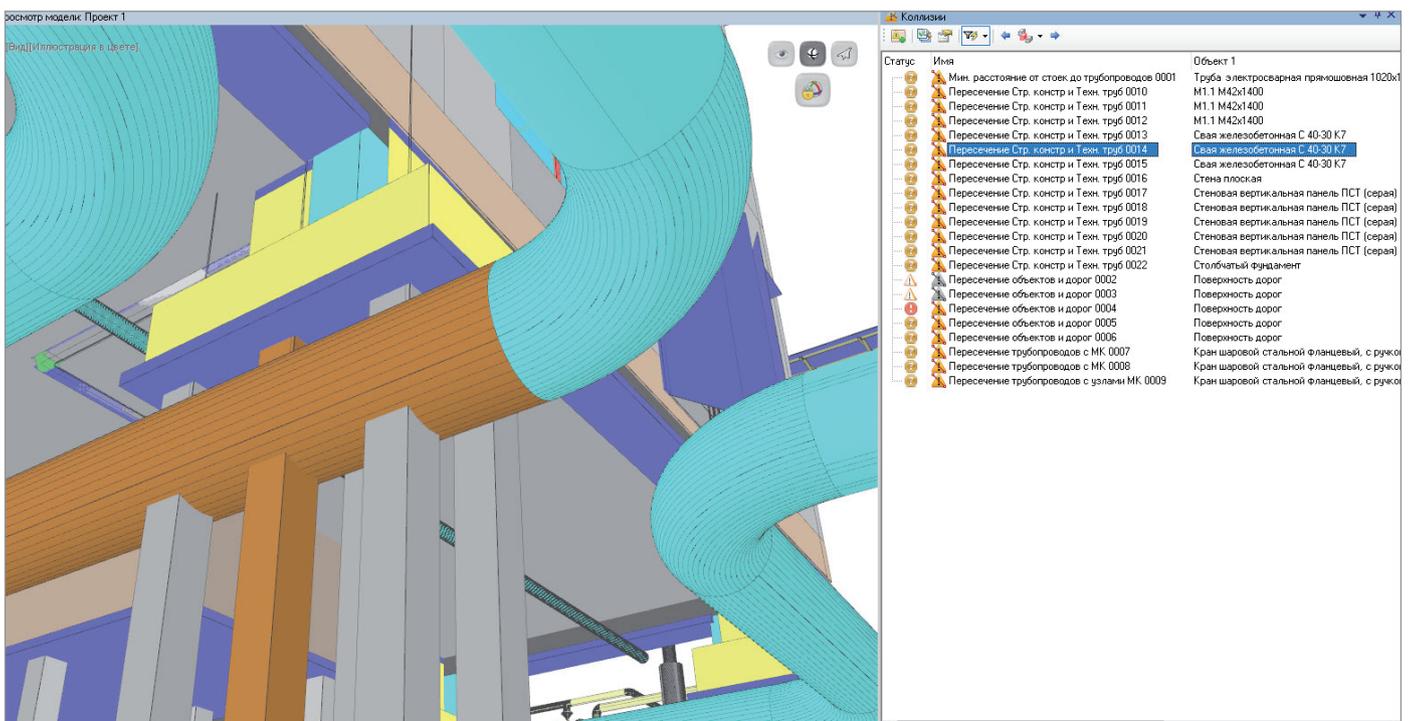
### Проверка модели на коллизии

Model Studio CS Строительные решения совместно с CADLib Модель и Архив позволяет выполнять все необходимые проверки на предмет коллизий, пересечений, нарушения предельно допустимых расстояний. Встроенная в CADLib Модель и Архив система проверки коллизий обеспечивает возможность анализировать расстояния между строительными конструкциями и инженерными коммуникациями, а также между другими объектами, переданными из Model Studio CS.

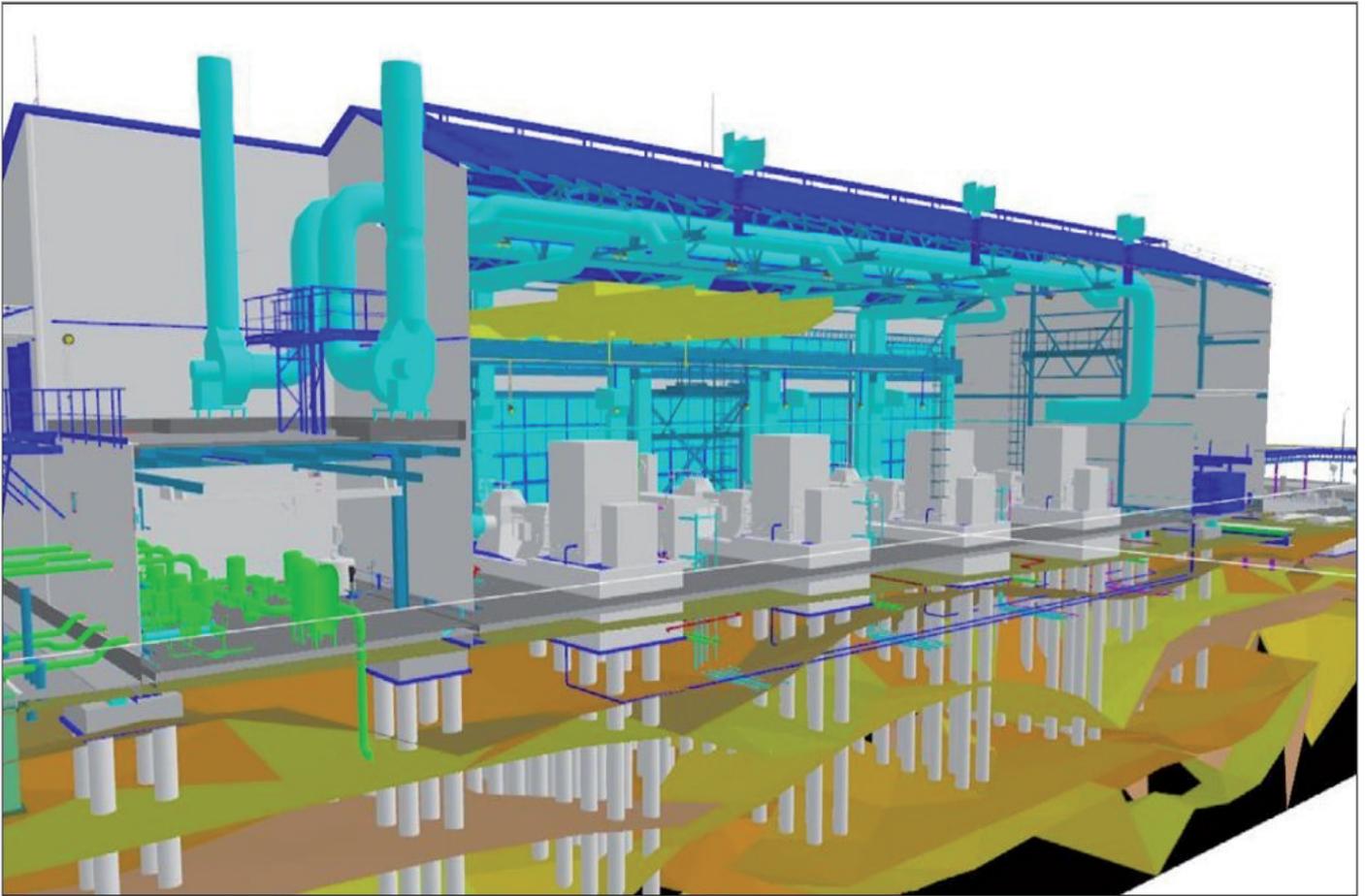
### Учет рельефа местности

В Model Studio CS Строительные решения реализован функционал, обеспечивающий интеграцию проектируемых моделей и данных геологии, импортированных из специализированного ПО. Интеграция осуществляется посредством передачи данных о геологических слоях проектируемого объекта в базу данных проекта Model Studio CS (CADLib Проект). Основные задачи, решаемые с учетом геологических особенностей:

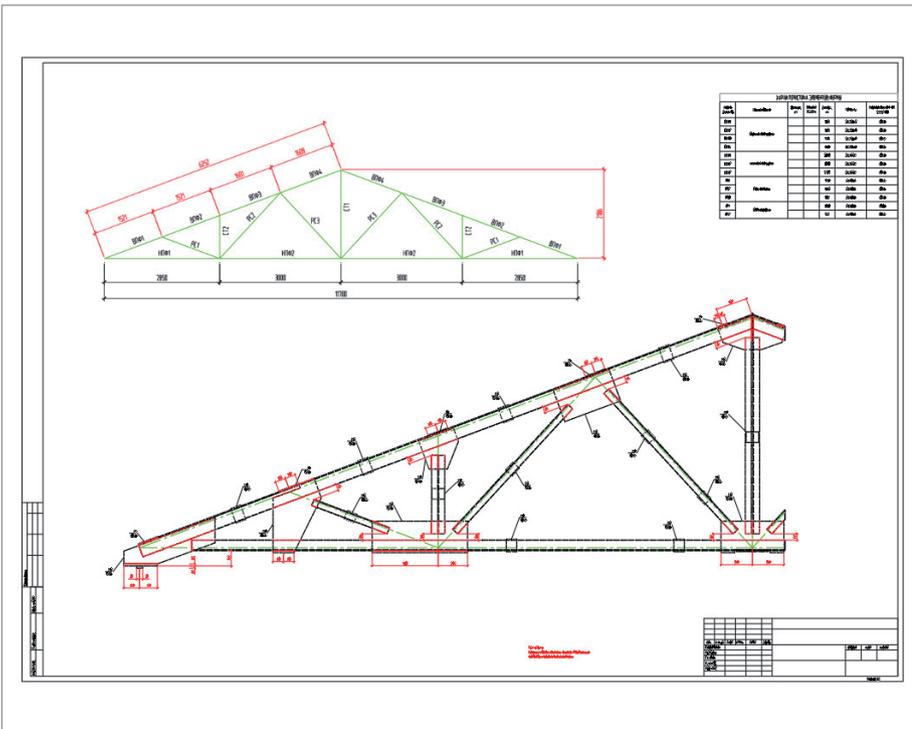
- построение траншей, котлованов и скважин;
- автоматическая генерация ведомости объемов земляных работ с разбивкой общего объема разработки на отдельные грунты;
- генерация продольных профилей с геологическим разрезом.



Проверка на предмет коллизий



Учет рельефа местности



Автоматическая генерация чертежей в Model Studio CS Строительные решения

**Генератор чертежей**

Средства генерации чертежей позволяют задавать правила формирования плана, разреза, вида и оформления, после чего программа будет автоматически генерировать и оформлять чертеж в соответствии с установленными правилами.

**Интеграция со средой CADLib Модель и Архив**

Сохраняя модель в CADLib Модель и Архив, пользователь автоматически создает информационную систему поддержки строительства и эксплуатации (BIM), располагающую широкими возможностями.

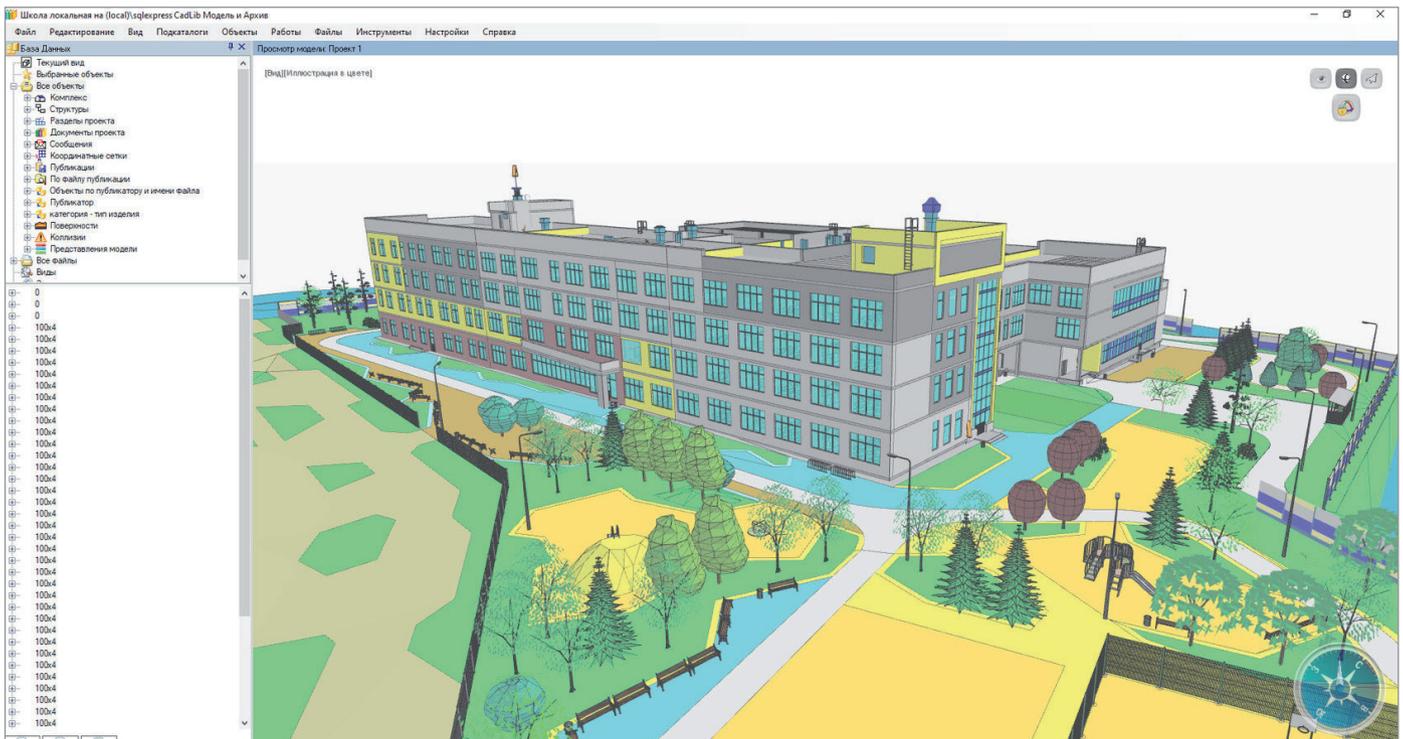
**Новые возможности**

**Выноски для подчиненных элементов**

Расширенный функционал обновленной версии Model Studio CS Строительные решения позволяет проставлять автовыводки для подчиненных элементов параметрического объекта при генерации 2D-проекции.

**Пакетная генерация проекций**

В обновленную версию Model Studio CS Строительные решения добавлен функ-



Фрагмент модели административного здания

ционал, позволяющий выполнить пакетную генерацию проекций на основе выбранных определений видов – с разбиением на листы в случае превышения размера форматки.

### Автоматическое формирование спецификаций

На основе созданной трехмерной информационной модели автоматически формируются высококачественные табличные документы: техническая спецификация стали, ведомость расхода

стали, ведомость деталей, ведомость объемов работ и другие. В ячейках таблицы учитывается автоматизация создания дробей. Генерация происходит полностью в автоматическом режиме, от пользователя требуется только выбрать нужный шаблон и формат приложения (nanoCAD/AutoCAD, Microsoft Office), в которое будет выгружен финальный вариант.

### Сварные соединения

В обновленной версии Model Studio CS Строительные решения раздел "Металлоконструкции" представлен инструментом "Сварное соединение", который позволяет создать объект "Сварной шов" для соединения элементов металлопроката.

\*\*\*

Model Studio CS выгодно отличается от конкурирующих решений еще и тем, что может использоваться на всех стадиях проектирования.

Быстрые алгоритмы, сверхскоростные возможности расчета и оформления, работа с планом идеально подходят для ранних стадий проекта, когда остается еще много неопределенностей – например, при подготовке к тендерам с использованием приблизительного рельефа или при проектировании "с колес", когда от заказчика поступает множество изменений. Другие программные средства таких возможностей не предоставляют.

Model Studio CS Строительные решения – это цельная программа, работающая по принципу "Установи и работай!"

Спецификация металлопроката															
Наименование проката ГОСТ, ТУ	Наименование или марка стали ГОСТ, ТУ	Измеряемые параметры	№ п/п	Масса стали по элементам конструкции				Остаток массы, т							
				Колонны	Балки	Связи	Пояса								
1	2	3	4	5	6	7	8	9							
Двутавр стальной (в стальной конструкции) с параллельными головками ГОСТ АСН 29-92	С245 ГОСТ 27712-89	250	1	240				240							
Итого															
СПЕЦИФИКАЦИЯ НА ЭЛЕМЕНТ КОНСТРУКЦИИ															
Поз.	Основание	Наименование	Ед.к.	Масса ед., кг	Планка										
РС-3															
С1	ГОСТ 23279-2012	2С 16 А-III-200 145x205	1	59,49											
С2	ГОСТ 23279-2012	2С 12 А-III-200 135x185	2	12,60											
С3	ГОСТ 23279-2012	2С 16 А-III-200 135x115	2	16,56											
Итого															
Ведомость расхода стали															
Наименование	Номинал designation				Условное обозначение										
	А-III				С245										
	Амортиза. колес		Амортиза. мостов		Пакет машин		СтЗПС								
№8	№12	№16	Итого	Всего	АШ	ГОСТ 5781-82ч	ГОСТ 3903-74	ГОСТ 6240-97	ГОСТ 19903-74	Всего					
											Итого	16	Итого	16	18
РС-3	7,22	43,15	39,49	123,89	123,89	0,80	0,80	8,40	8,40	34,33	34,33	1,40	8,80	2,28	17,73

Спецификации, полученные в Model Studio CS Строительные решения

По материалам  
ГК CSoft



## ➤ ИНТЕГРАЦИЯ Autodesk Revit И РАСЧЕТНЫХ ПРОГРАММ "НТП Трубопровод"

В последние годы в России стабильно растет интерес к технологиям информационного моделирования (BIM). По результатам отчета об исследовании "Уровень применения BIM в России 2019", подготовленного компанией "Конкуратор", локомотивом рынка неизменно остается Autodesk со своим программным продуктом Revit (см. таблицу 1).

**Revit в промышленном секторе.** Заняв прочные позиции в архитектуре и строительстве, Revit все чаще начинает применяться и в организациях, проектирующих промышленные объекты. Конечно, для этой цели на рынке есть масса специализированных систем 3D-проектирования как среднего (Plant 3D, CADWorx), так и высокого (PDMS/Everything 3D, SmartPlant 3D) уровня, но высокая цена делает их недоступными для небольших проектов и организаций. И так как Revit широко используется почти для всех проектных дисциплин, его начали применять и для моделирования технологической части — чтобы работать в одной, уже знакомой, среде. Однако в "промке" есть своя специфика. Например, если говорить о проектировании технологических трубопроводов, возникают сопутствующие задачи по ин-

женерным расчетам: прочностным, гидравлическим, тепловым. Для решения этих задач стандартного функционала Revit недостаточно, необходимо использовать специальное ПО.

**Программные решения "НТП Трубопровод".** Компания "НТП Трубопровод" предлагает высокоэффективные сертифицированные в России продукты для инженерных расчетов. В рамках расчета трубопроводов это такие программы, как:



**СТАРТ-Проф** — проектирование и расчет прочности и жесткости трубопроводов различного назначения;



**Гидросистема** — теплогидравлический расчет трубопроводных систем и выбор диаметров;



**Изоляция** — расчет и выбор тепловой изоляции трубопроводов и оборудования.

**Интерфейсы обмена данными.** Без интеграции пользователю приходится одновременно с разработкой модели в системах 3D-проектирования создавать расчетную схему в расчетной программе и вводить данные вручную — не самый оптимальный способ работы. Более того, все изменения исходных данных в модели приходится отслеживать само-

Таблица 1. Программное обеспечение, используемое респондентами для разработки BIM-моделей

Программное обеспечение	Доля респондентов из числа использующих BIM
Autodesk Revit	61%
ARCHICAD	32%
Tekla Structures	17%
Renga (Renga Architecture, Renga Structure, Renga MEP)	11%
InfraWorks	9%

Источник: [www.concurator.ru](http://www.concurator.ru)

стоятельно. Именно поэтому "НТП Трубопровод" все больше внимания уделяет интеграции своих расчетных систем. Почти все программы интегрированы и между собой, и с популярными системами 3D-проектирования от известных вендоров – AVEVA, Bentley, Intergraph, CSoft Development.

Недавно компания приняла решение о разработке интерфейсов обмена данными и с Autodesk Revit. Для взаимодействия с каждой из программ предусмотрены самостоятельные подключаемые приложения для Revit, которые будут выгружать геометрию и параметры трубопроводных систем в файлы открытого формата.

Обмен данными через открытый формат позволит разделить роли пользователей в проекте и приобретать меньше лицензий на ПО – нет необходимости устанавливать полный комплект на одном рабочем месте.

Передаваемые данные содержат:

- конфигурацию трубопровода (трубы, соединительные детали трубопроводов, фланцевые соединения, арматура, опоры и т.д.);
- технологические параметры (давление, температура, технологическое утонение, прибавка на коррозию и т.д.; в BIM-модели можно хранить все параметры, участвующие в расчете);
- геометрические параметры элементов трубопровода (диаметры, толщины стенок, строительные длины и т.д.).

Для использования модулей нужно, чтобы элементы экспортируемой модели соответствовали следующим требованиям:

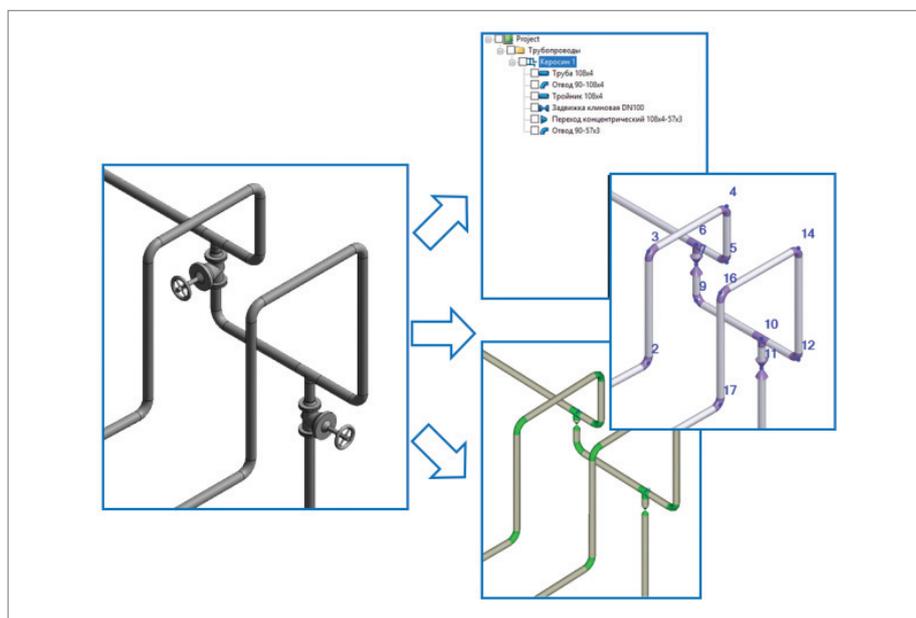
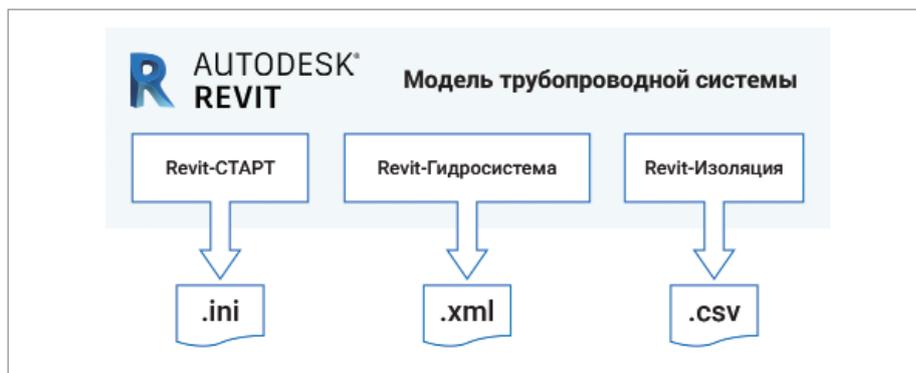
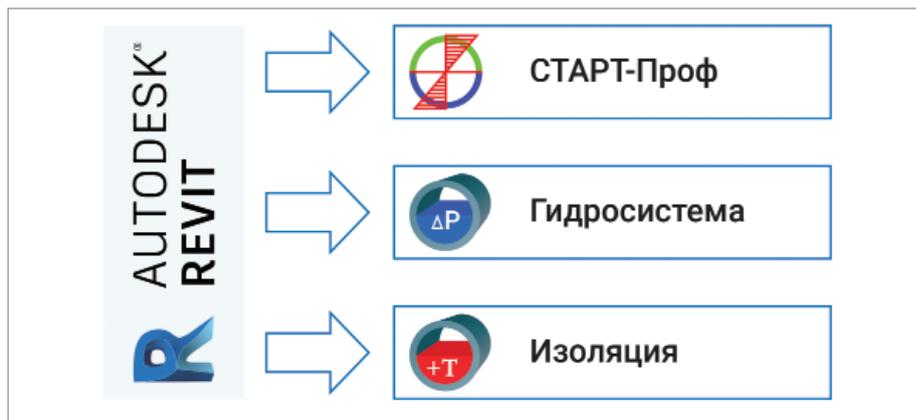
- принадлежали определенной категории;
- содержали необходимый набор параметров, отвечающих за геометрию.

Полнота остальных данных остается на усмотрение пользователей.

Соответствия между параметрами элементов Revit и расчетных программ устанавливаются настроечными файлами в формате .json, доступными для редактирования.

Каждая организация может выбрать свой вариант настройки:

- редактировать используемые в организации семейства элементов в соответствии с файлом общих параметров и настроечным файлом, прилагаемым к модулям;
- наоборот, редактировать настроечный файл в соответствии с семей-



ствами элементов (ограничиться редактированием только настроечного файла удастся, если семейства унифицированы и содержат все необходимые данные, иначе нужно будет изменять и семейства).

Функциональность модулей, простота их использования и быстродействие значительно сократят время выполнения монтажной части проекта.

Модуль интеграции "REVIT-СТАРТ" уже доступен для приобретения, модули

"REVIT-Гидросистема" и "REVIT-Изоляция" проходят бета-тестирование.

**Николай Максименко,**  
директор по САПР  
Группы компаний "НТП Трубопровод"  
E-mail: maximenko@truboprovod.ru

**Татьяна Ларина,**  
руководитель направления  
"Технологическое проектирование"  
компания CSD  
E-mail: truboprovod@csd.ru



## ➤ НОВЫЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ: 3D-МОДЕЛИ И ТОЧНЫЙ РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ

*Российская Федерация занимает второе место в мире по общей длине газовых, нефтяных и других трубопроводов. Совокупная протяженность только 199 крупнейших газовых и нефтяных трубопроводов составляет 123 306 км (по данным Energybase.ru: "Рейтинг поставщиков: нефтегазовые и энергетические компании"). Протяженность крупнейшего из проектируемых объектов этого назначения – газопровода "Сила Сибири-2" (ПАО "Газпром", Алтай) – составит 6700 км; он пройдет по территории не только России, но и Китая. В России 25 лет назад оставалось менее 45 тыс. км магистральных нефтепроводов. На конец 2017 года в ведении только одной из ведущих компаний в области транспортировки нефти находилось более 68 тыс. км магистральных трубопроводов: 51,5 тыс. км нефтепроводов и 16,9 тыс. км нефтепродуктопроводов (по материалам "Российской газеты", www.rg.ru). На 2020 год в планах крупнейших энергетических компаний предусмотрен значительный рост объемов строительства трубопроводов. Достигнуть этого предполагается с применением современных технологий, в том числе при проектировании.*

**П**рограммный комплекс Model Studio CS Трубопроводы создан в России коллективом специалистов, обладающих огромным опытом работы как на российском, так и на мировом рынке. Документация, формируемая с помощью этого программного комплекса, строго соответствует требованиям российских государственных и отраслевых стандартов. С 2016 года программный комплекс Model Studio CS Трубопроводы включен в единый реестр российских программ для ЭВМ.

Инженерный программный комплекс Model Studio CS Трубопроводы предназначен для трехмерного проектирования и выпуска комплекта документов вну-

триплощадочных, внутрицеховых и межцеховых систем трубопроводов, в том числе технологических трубопроводов, трубопроводов пара и горячей воды, систем водо- и газоснабжения, отопления, канализации и вентиляции (рис. 1).

Средствами комплекса осуществляются трехмерное проектирование, компоновка и выпуск проектной/рабочей документации по технологическим установкам и трубопроводам на проектируемых или реконструируемых объектах.

Model Studio CS Трубопроводы значительно расширяет возможности платформ nanoCAD и AutoCAD в области трехмерного проектирования промышленных объектов, делая работу инженера более комфортной и эффективной.

Комплекс позволяет решать следующие основные задачи:

- трехмерная компоновка и моделирование;
- расчеты и проверка инженерных решений;
- формирование и выпуск проектной и рабочей документации.

В рамках задач трехмерного проектирования, решаемых средствами Model Studio CS Трубопроводы:

- производится трехмерная компоновка оборудования;
- выполняется трехмерное эскизирование трубопроводов с их последующим конструированием или построением трубопроводов из стандартных элементов базы данных

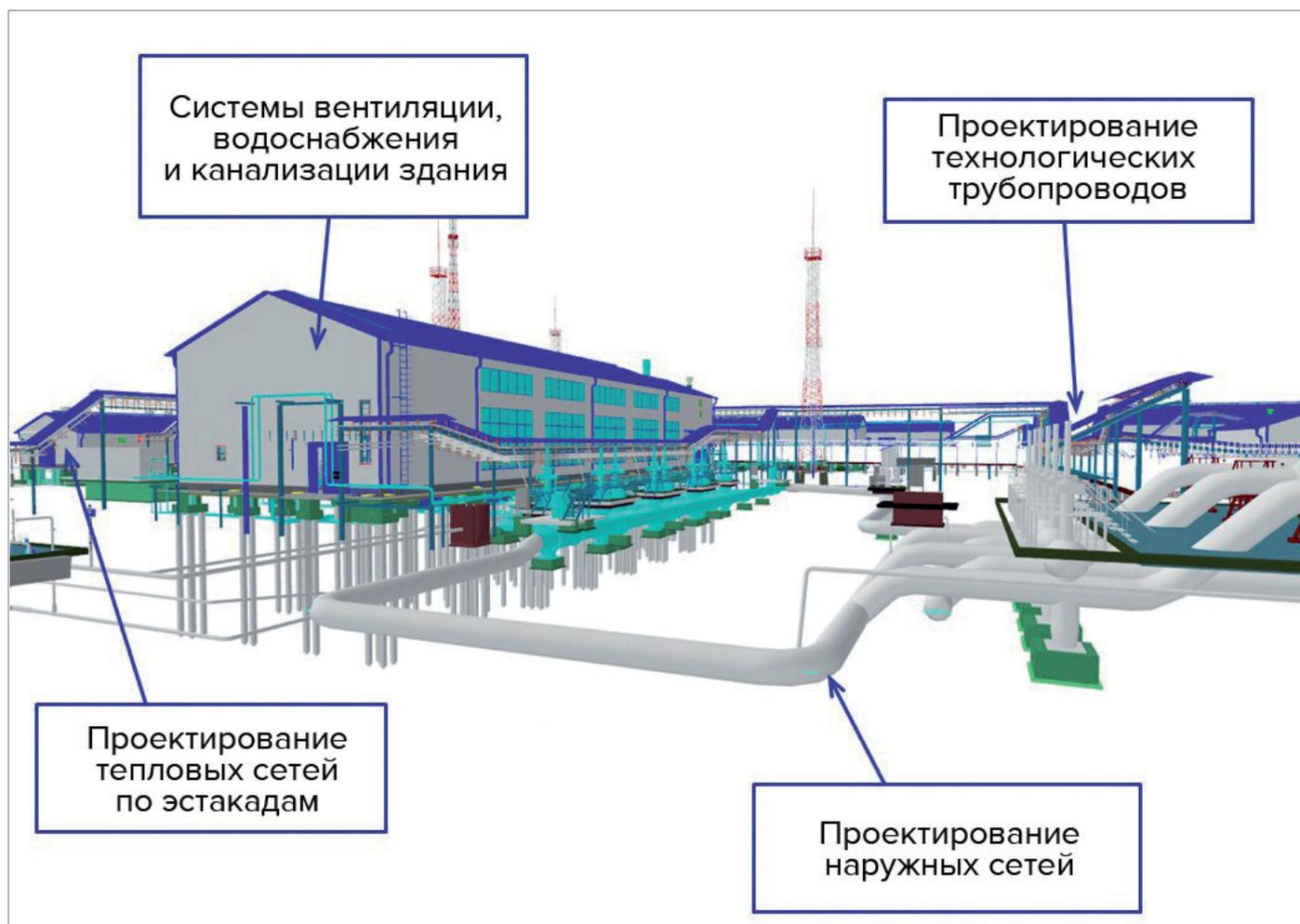


Рис. 1. Проектирование разветвленных сетей трубопроводов различного назначения

с использованием миникаталогов ("спеков");

- формируются трехмерные параметрические модели оборудования;
- выполняется проверка на предмет коллизий, пересечений и нарушения предельно допустимых размеров в соответствии с технологическими параметрами;
- средствами программы СТАРТ производится расчет прочности и жесткости трубопроводов (поддерживается передача расчетной модели с необходимой геометрической и атрибутивной информацией в программу СТАРТ и импорт результатов расчета в Model Studio CS Трубопроводы);
- средствами программы "Гидросистема" выполняются гидравлические расчеты (реализован экспорт расчетной схемы трубопровода и всей сопутствующей информации, при этом используется формат PCF);
- генерируются чертежи с автоматическим формированием планов, видов,

разрезов, план-схем, изометрических видов и чертежей;

- автоматически проставляются отметки уровня, выноски, позиционные обозначения и размеры;
- генерируется аксонометрическая схема как одного трубопровода, так и всей модели в целом – с автоматической простановкой размеров, выносок, позиционных обозначений и иных элементов оформления;
- генерируется изометрическая схема трубопровода или всей модели с автоматической разбивкой на отдельные листы и автоматической простановкой размеров, выносок, позиционных обозначений;
- на основе стандартных шаблонов, включенных в комплект поставки, автоматически формируются спецификации, экспликации и ведомости. Кроме того, пользователю предоставлена возможность самостоятельно добавлять и редактировать формы и шаблоны экспорта табличных документов. Созданные документы будут

автоматически заполняться с сохранением в форматах MS Word, MS Excel, Rich Text Format (RTF) и непосредственно в чертеже (спецификация на лист, экспликация на лист).

В начале 2020 года вышла новая версия комплекса, в которой усовершенствованы имеющийся функционал и добавлены новые инструменты. Наряду с небольшими изменениями, улучшающими отдельные модули, появились полноценные модули, значительно упростившие разработку целых разделов. Например, модуль "Инженерные сети" для проектирования разделов тепловых сетей, наружных сетей водоснабжения и канализации. Основные изменения, реализованные в обновленной версии Model Studio CS Трубопроводы:

- переработаны инструменты проектирования систем вентиляции;
- добавлен модуль "Инженерные сети";
- добавлен функционал расчета нагрузок на опоры;
- доработан функционал генерации чертежей и табличной документации.

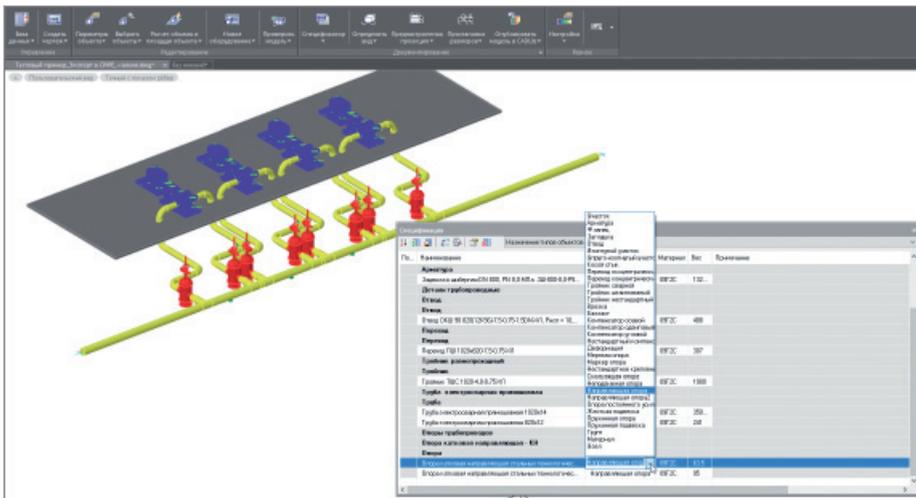


Рис. 2. Подготовка трехмерной модели в Model Studio CS Трубопроводы для передачи в CPIPE

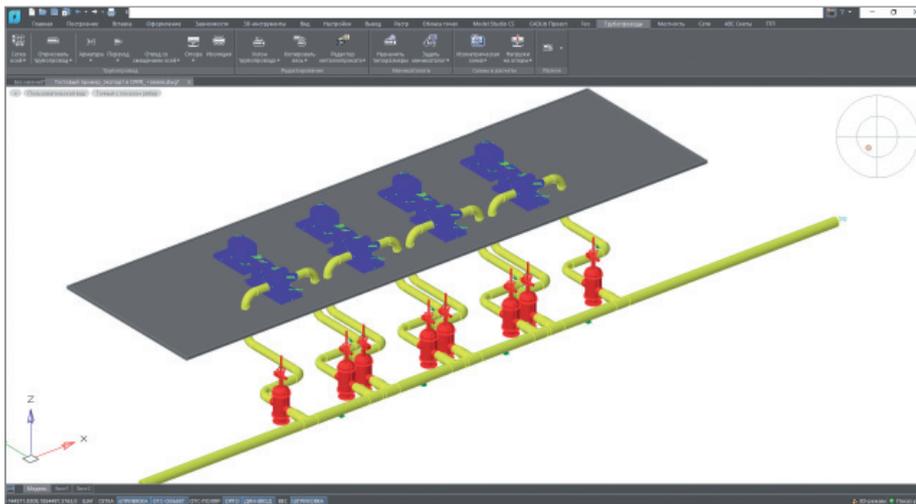


Рис. 3. Модель в Model Studio CS Трубопроводы для экспорта в CPIPE

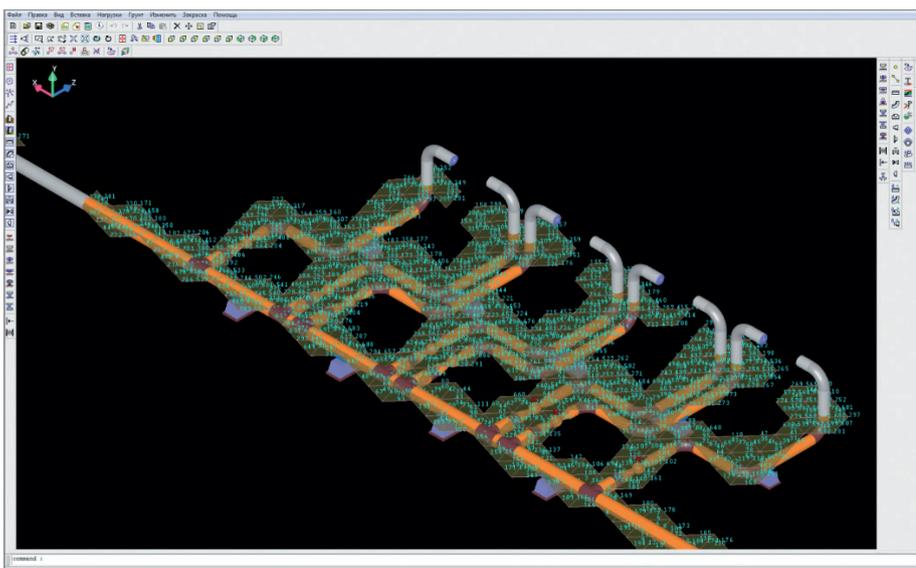


Рис. 4. Результат экспорта расчетной модели из Model Studio CS Трубопроводы в CPIPE с проектной поверхностью

## Расчет прочности трубопроводов. Интеграция с CPIPE

В Model Studio CS реализован функционал формирования и передачи данных в расчетный комплекс CPIPE для проведения прочностного расчета по трехмерной модели. На основании данных трехмерной модели средствами Model Studio CS Трубопроводы формируется расчетная схема с набором необходимой атрибутивной информации. Результат экспорта данных записывается в файл с расширением txt, который напрямую читается в программном комплексе CPIPE. Для отслеживания полноты экспортируемых данных в стандартной поставке предусмотрен отдельный шаблон для спецификатора. С его помощью можно своевременно просматривать набор данных для передачи в CPIPE и в любой момент вносить необходимые корректировки (рис. 2).

Таким образом предоставляется возможность экспорта не только всей модели целиком, но и отдельных веток трубопровода. В последнем случае пользователь самостоятельно указывает те трубопроводные линии, которые необходимо посчитать в CPIPE (рис. 3).

Реализованный механизм интеграции дополняется некоторыми полезными опциями. Одной из таких опций является возможность передачи геологической поверхности, которая была использована в Model Studio CS Трубопроводы для создания трехмерной модели объекта. При этом будет передаваться только та поверхность, которая находится над рассчитываемыми трубопроводами, что значительно упрощает проведение расчетов при работе с крупными объектами (рис. 4).

## Новые возможности работы с опорами и траверсами

В Model Studio CS Трубопроводы существенно расширены возможности работы с опорами трубопроводов. Реализованный функционал призван оптимизировать рутинные процедуры, выполняемые проектировщиком при расстановке опор в модели, а также подготовить данные для оценки нагрузки на строительные конструкции.

### Размещение опор трубопровода в модели

Функция автоматической расстановки с заданным шагом доступна теперь и в качестве опции непосредственно при размещении опор на трубопроводе. Шаг подбирается автоматически на основании выбранной таблицы расстояний

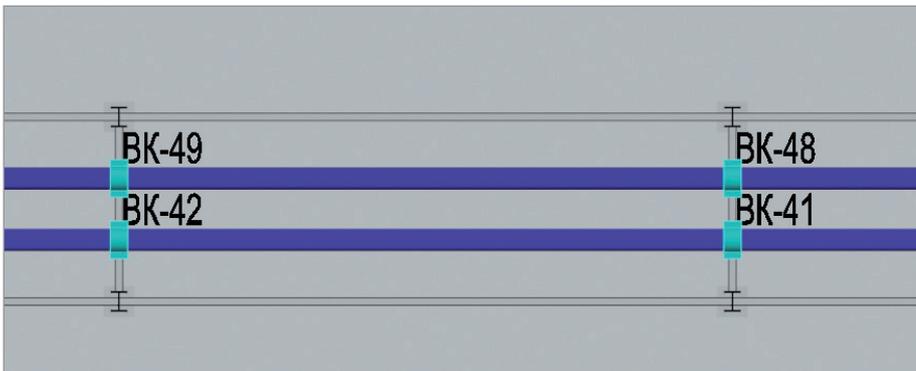


Рис. 5. Отображение номеров опор в модели

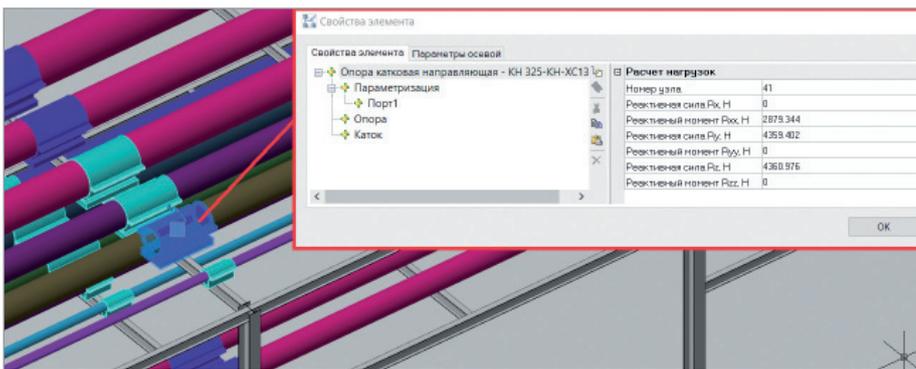


Рис. 6. Результаты расчета нагрузки на опору

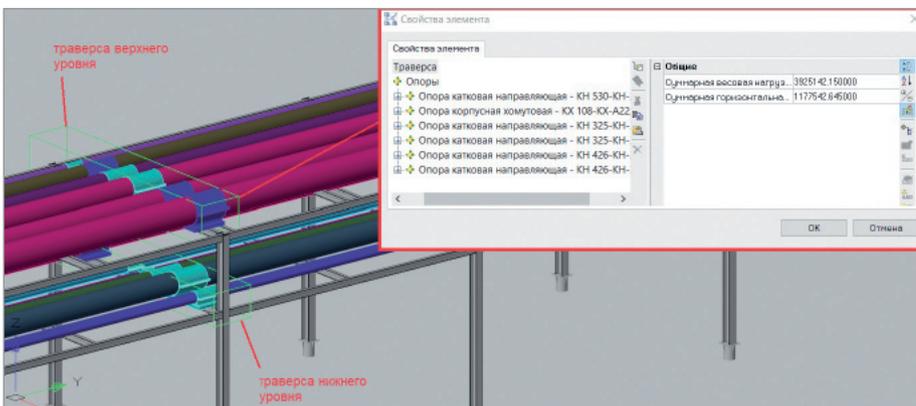


Рис. 7. Травесы по группам опор

между опорами в зависимости от диаметра трубопровода. Данные сохраняются на уровне сетевых настроек, что дает возможность задавать шаг опор отдельно для каждой специализации.

#### Автоматическая нумерация опор трубопровода

Реализована возможность нумерации опор как по всему чертежу, так и отдельно для выбранной осевой трубопровода. Дополнительно можно выбрать тип опор для нумерации (все опоры, только неподвижные), а также задать префикс и начальный номер. Проверка наличия ранее назначенных номеров и их обновление производится

автоматически. Чтобы проектировщику было удобнее проверять корректность задания номеров, возможно их отображение непосредственно в модели (рис. 5).

#### Расчет нагрузки на опоры трубопровода

Расчет осуществляется на основе встроенного в Model Studio CS Трубопроводы модуля и служит для предварительной оценки нагрузок на опорные конструкции. Определение нагрузок на опоры производится методом конечных элементов на основе стержневой системы из пустых труб. В процессе расчета трехмерная модель трубопровода преобразуется в рас-

четную модель, состоящую из узлов (фитинги, арматура, опоры и т.д.) и участков (трубы).

Дополнительно учитываются нагрузки от веса продукта и веса изоляции, а также снеговая нагрузка. Данные по нагрузке могут быть заданы автоматически на основе таблицы нормативных нагрузок. Результаты расчета сохраняются в свойствах объектов трубопровода и могут быть использованы при формировании отчетов и заданий (рис. 6).

#### Объединение опор в траверсы с расчетом суммарной нагрузки

Траверса – условный объект, моделирующий опорную конструкцию. Она позволяет объединить группу опор на одном ярусе или на нескольких разнесенных по вертикали ярусах опорной конструкции.

Визуально траверса реализована в виде параллелепипеда, объединяющего опоры. Она показывает место размещения опорных конструкций и суммарную нагрузку от объединенных в ней опор, что является исходной информацией для инженера-строителя при проектировании реальных опорных конструкций (рис. 7).

Создание и редактирование (добавление/удаление опор) траверс возможно на основе как реальных объектов, так и объектов проекта, что существенно расширяет возможности работы с объектами смежных специализаций.

#### Автоматическая нумерация траверс

Все траверсы автоматически нумеруются по всему чертежу модели. Реализована возможность задания префикса и начального номера траверсы. Проверка наличия, а также обновление ранее назначенных номеров выполняются в автоматическом режиме. Заданные номера траверс также можно отобразить непосредственно в модели в виде текстовой информации.

Программный комплекс Model Studio CS Трубопроводы является достойным конкурентом зарубежных аналогов, в том числе среди современных систем управления проектными данными и инженерных расчетов.

Более подробная информация и видеоматериалы: <https://piping.mscad.ru>.

По маркетинговым материалам ГК CSoft

## ➤ СДЕЛАНО В ARCHICAD: КОНЦЕРТНЫЙ ЗАЛ "ЗАРЯДЬЕ"



Рис. 1. Московский концертный зал "Зарядье". Вид на вход в здание  
Фото А. Народицкого

**М**осковский концертный зал "Зарядье", расположившийся в одноименном природно-ландшафтном парке, — это уникальный проект и одна из лучших концертных площадок мира. Зал торжественно открылся в 2018 году, в День города (рис. 1). В 2016-м он получил Премию Архсовета Москвы в номинации "Лучшее архитектурно-градостроительное решение объекта общественного назначения", а в 2019-м вошел в шорт-лист премии международного фестиваля WAF (World Architecture Festival) — рис. 2. Над проектом парка "Зарядье" работало бюро Diller Scofidio + Renfro (DS+R) из Нью-Йорка, а концертный зал был полностью спроектирован отечественными специалистами под руководством главного архитектора ТПО "Резерв" Владимира Плоткина и главного архитектора Мо-

сковы Сергея Кузнецова (рис. 3). Акустической проектом занимался специалист мирового уровня Ясухиса Тойота (Yasuhisa Toyota). Неоценимый творческий вклад в проект концертного зала внес российский дирижер Валерий Гергиев. Авторы концертного зала "Зарядье" рассказали о деталях работы над проектом, который стал самым масштабным в практике ТПО "Резерв" и выполнялся в привычной для бюро программной среде. Московское ТПО "Резерв" одним из первых стало активно использовать ARCHICAD в архитектурной практике (рис. 4). "Компании сейчас 32 года, и 25 из них — с ARCHICAD, — рассказывает Владимир Плоткин. — Он незаменим, ничего лучше я не знаю. Архитекторы быстро к нему адаптируются, он хорошо ложится на пространственное мышление".



Рис. 2. В 2019 году концертный зал "Зарядье" вошел в шорт-лист премии международного фестиваля WAF (World Architecture Festival)

## Руководитель авторского коллектива Сергей Кузнецов

Сергей Кузнецов – главный архитектор города Москвы, первый заместитель председателя Комитета по архитектуре и градостроительству города Москвы, почетный профессор МАРХИ. Награжден медалью ордена "За заслуги перед Отечеством" II степени.

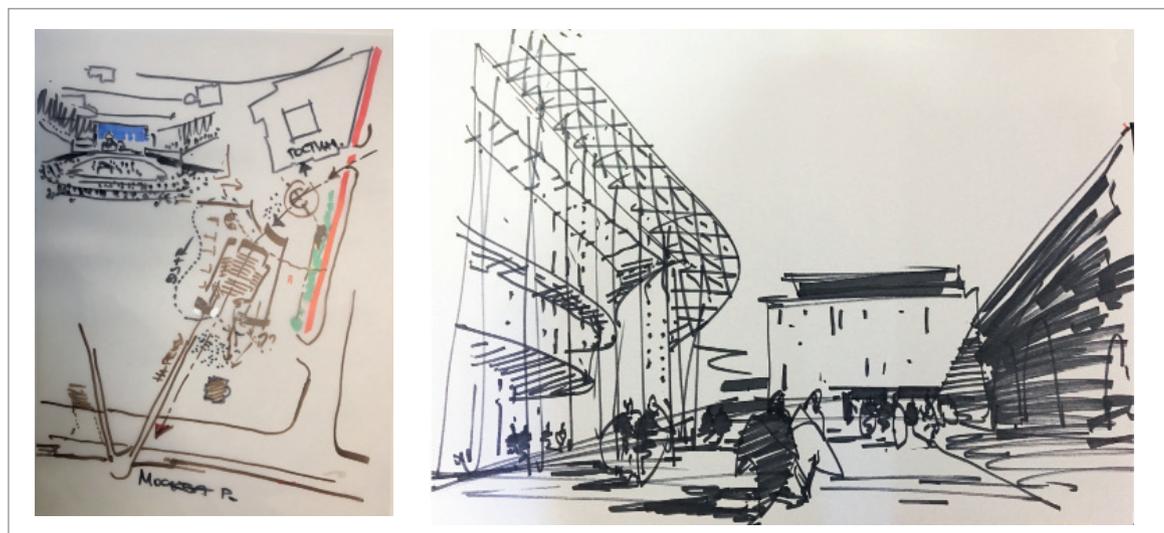


Рис. 3. Концептуальные эскизы. С. Кузнецов

## Руководитель авторского коллектива, главный архитектор ТПО "Резерв" Владимир Плоткин

Владимир Плоткин – главный архитектор и сооснователь ТПО "Резерв", заслуженный архитектор России, член Союза архитекторов, профессор МАРХИ.

В 2010 году удостоен звания "Архитектор года", в 2011-м представил персональную экспозицию в рамках выставки "АРХ Москва".

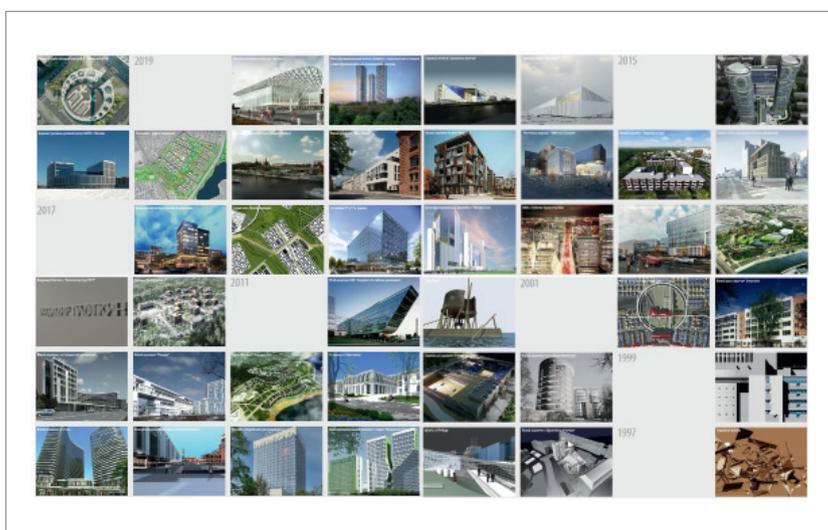


Рис. 4. Часть проектов Творческого производственного объединения "Резерв", выполненных в ARCHICAD с 1997 года  
Источник: официальный сайт ТПО "Резерв" ([www.reserve.ru](http://www.reserve.ru))



Рис. 5. Московский концертный зал "Зарядье" (визуализация: ТПО "Резерв")

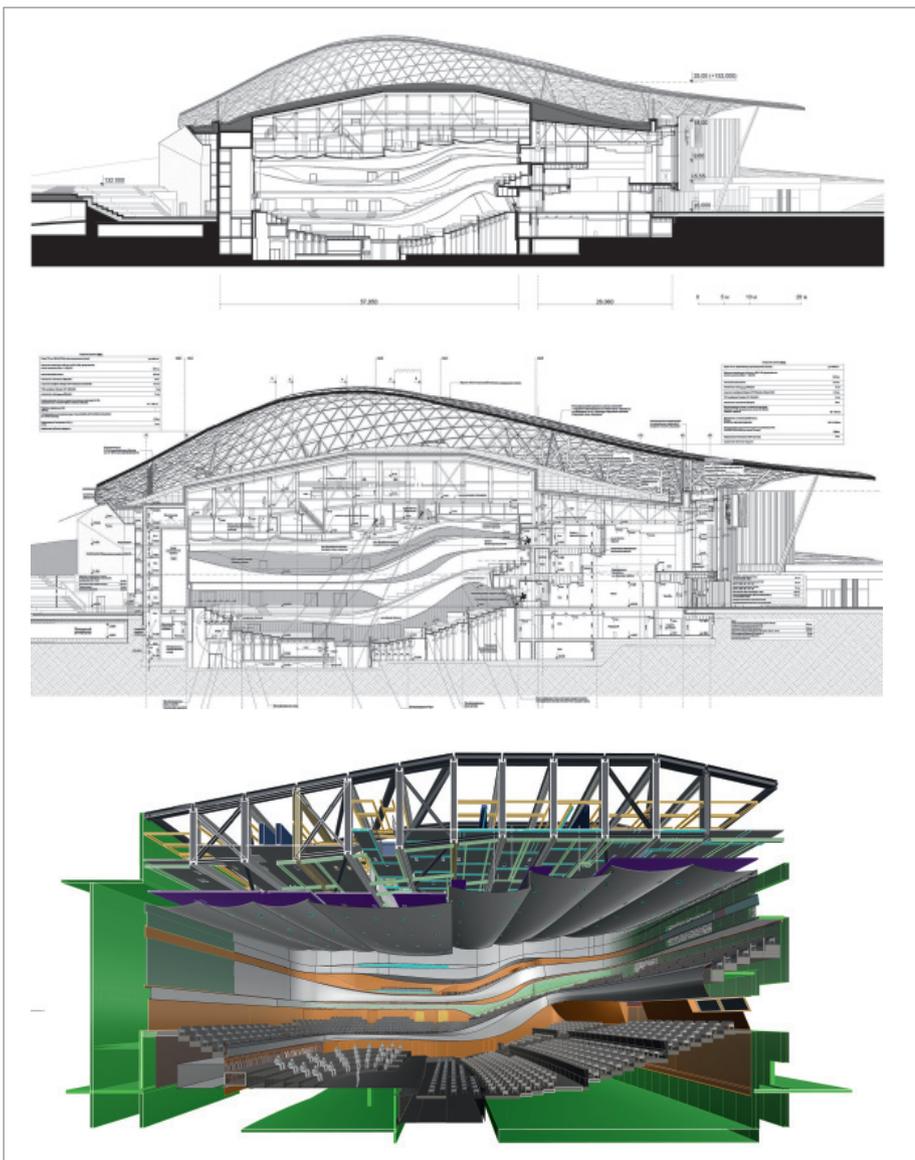


Рис. 6. Схемы разреза

**Внешнее архитектурное решение: стеклянная "кора"**

Наружные архитектурные решения в первую очередь подчинялись местоположению концертного зала: он должен был разместиться в искусственно созданном холме на территории парка, вписаться в ландшафт и стать его органичной частью.

Здание зала словно накрыто холмом, а холм — светопрозрачной стеклянной "корой" с солнечными батареями, предложенной бюро DS+R еще на этапе конкурса в 2013 году. Под "корой" создан особый микроклимат, высажены деревья и травянистые растения. В пространстве комплекса расположены зона для прогулок посетителей парка и амфитеатр на 1500 мест (рис. 5).

"Главный аттрактивный элемент — "кора" — это одновременно и часть парка, и вторая крыша комплекса (рис. 6-7). Проектировали кровлю и создавали ее геометрию мы. Стеклянная "кора", а там нет ни одного повторяющегося элемента, проектировалась в ARCHICAD", — комментирует Владимир Плоткин.

Работа над "корой" шла в сотрудничестве с американскими коллегами и немецкой компанией Transsolar, отвечавшей за микроклимат под стеклянной крышей. И несмотря на то что в процессе работы над проектом изменилась форма "коры", а вход разместился с другой стороны, в бюро DS+R с одобрением встретили обновленную концепцию. Чтобы воздух циркулировал определенным образом, параметры "коры" корректировались в соответствии с расчетами инженеров из Германии. "Недопонимания не воз-

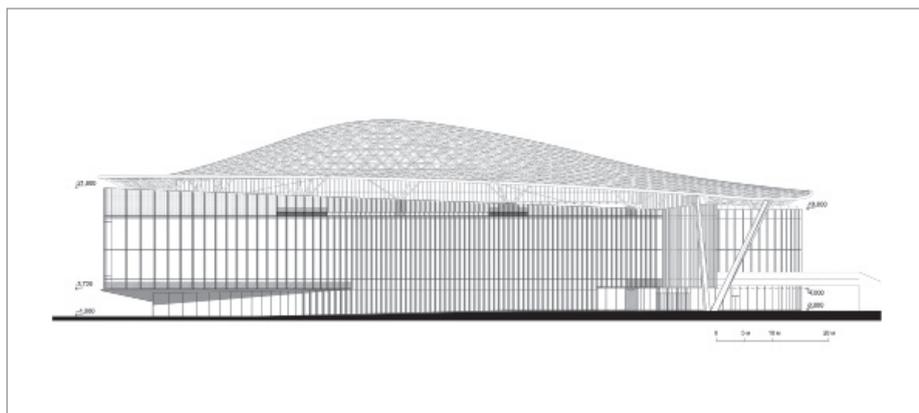


Рис. 7. Фасад концертного зала "Зарядье"

никало, общение было дружественным", — замечает главный архитектор ТПО "Резерв".

### Внутреннее архитектурное решение: фойе и Большой зал

Общая площадь комплекса составляет почти 24 тысячи квадратных метров. Помимо крыши-"коры", концертный зал

и парк связывает фойе — высокое, светлое, воздушное (рис. 8).

"Зона фойе сделана максимально прозрачной — находясь на улице, можно наблюдать жизнь, которая идет внутри здания. Главная идея была в том, чтобы пластика интерьера работала на пластику фасада. Так и получилось. Даже уклон пола в фойе следует рельефу улицы: есть

перепад порядка метра или полутора", — поясняет Владимир Плоткин. А пол фойе выложен той же плиткой шестиугольной формы, что и в самом парке "Зарядье".

В здании четыре наземных и два подземных этажа, два зала: Большой на 1600 мест и Малый на 400, плюс комплекс артистических помещений.

Большой зал должен одновременно отвечать нескольким требованиям: не только иметь прекрасную акустику для концертов классической музыки, но и быть в состоянии принимать современные проекты различных жанров. "В акустическом зале поверхности в зоне сцены должны быть отражающими, плотными, должен быть потолок. В театральном зале — наоборот: здесь находится сценическая коробка с механизмами для смены декораций", — объясняет главный архитектор проекта Большого зала Александр Пономарев. В итоге были найдены решения, позволяющие адаптировать сценическое пространство к любому жанру (рис. 9).



Рис. 8. Фойе концертного зала "Зарядье"  
Фото А. Народицкого

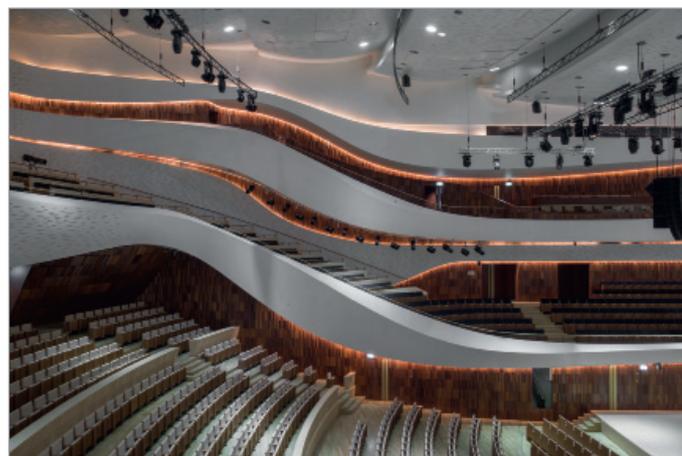
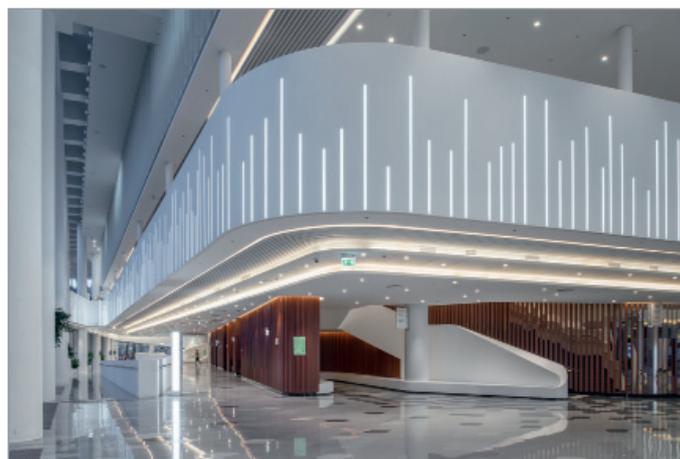


Рис. 9. Большой зал "Зарядье"  
Фото А. Народицкого

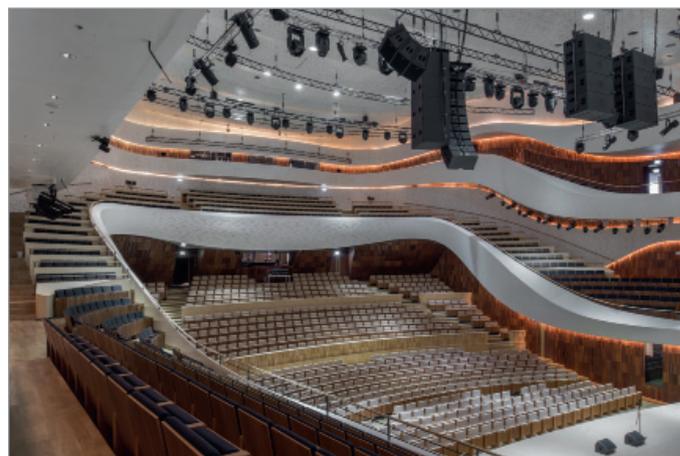




Рис. 10. Вид зала с полным использованием мест в партере  
Фото А. Народицкого

Кроме решений, связанных с потолком, важным элементом многожанрового зала является нижняя механизация. Благодаря уникальному инженерному оснащению всего за 40 минут партер в Большом зале складывается, превращаясь в ровный пол. Оркестровая яма имеет три положения: может подниматься в плоскость партера и в плоскость сцены, а за сценой есть блитчеры – выкатные трибуны, способные складываться, расширяя ее пространство (рис. 10). Все эти трансформации были визуализированы средствами ARCHICAD в мо-

дели зала (рис. 11). "Чтобы показать разные фазы трансформаций, мы пользовались комбинациями слоев. Большой плюс ARCHICAD – в его гибкости", – отмечает Александр Пономарев. Он также обращает внимание, что при проектировании зала активно использовалась программа Rhino: "Эскизы и рабочее проектирование выполнялись в ARCHICAD. А криволинейные поверхности – зал построен на плавных биоморфных текучих формах – моделировали в Rhino и затем импортировали. То есть оболочка зала, которую мы сей-

час видим, была смоделирована в Rhino. Монолит, стенки, фермы спроектированы в ARCHICAD. Тестовое моделирование акустики проходило в Rhino – это было требование Ясухисы Тойоты и Nagata Acoustics". Интересно, что в первоначальном варианте проекта задняя стенка Большого зала была полностью стеклянной: так зрители могли видеть Москву, а посетители парка – наблюдать за происходящим внутри. Но потом от авангардного решения решено было отказаться – стекло нарушало акустику зала.



Рис. 11. Вид зала с полным использованием мест в партере  
(визуализация: ТПО "Резерв")



За сценой вместо прозрачного окна появился медиаэкран, а вместо стеклянной стены был установлен гигантский — один из крупнейших в Европе — орган, спроектированный французской организаторской фирмой Muhleisen специально для Большого зала с учетом всех необходимых параметров: объема, акустики и архитектуры.

Изготовление и сборка органа заняли два года, еще полгода понадобилось для его настройки, — это всего на год меньше, чем проектировался и строился сам концертный зал!

### Командная работа

По словам Владимира Плоткина, над проектом в ARCHICAD Teamwork работали 20 человек. Архитектурная команда была разбита на четыре группы: одна занималась оболочкой комплекса, "корой"; другая — фасадом; третья — проектированием здания, его интерьеров и технологий; четвертая — залом и сопутствующей механизацией.

Несущие системы выполнялись в собственном софте в Новосибирске: отсюда присылали модель, которая интегрировалась в ARCHICAD.

### Алгоритмический дизайн

На этапе отделки зала команда задействовала программу Grasshopper. В этой среде был смоделирован максимально случайный, неповторяющийся микро-рельеф стенок зала, который требовали специалисты по акустике. Он представлял собой плашки-"тоблерончики" — выдающиеся вперед треугольники разной ширины — из красного дерева (рис. 12–13). Все плашки разной формы, и их последовательность не повторяется в отделке: "Вносить изменения в раскладку вручную — невероятно трудная задача. Мы всё это алгоритмизировали и успевали в срок выдавать изменения, вносимые акустиком, — рассказывает Александр Пономарев. — Затем передавали в Rhino и отправляли на производство чертежи, по которым робот вырезал плашки".

С помощью Grasshopper проектировщики анализировали видимость из зала: все сиденья импортировались в Grasshopper из ARCHICAD, над каждым ставилась точка обзора и протраивались лучи видимости на сцену. "Так мы получали превышение над впередисидящим и пони-

Рис. 12. Отделка стен большого зала  
Фото И. Иванова

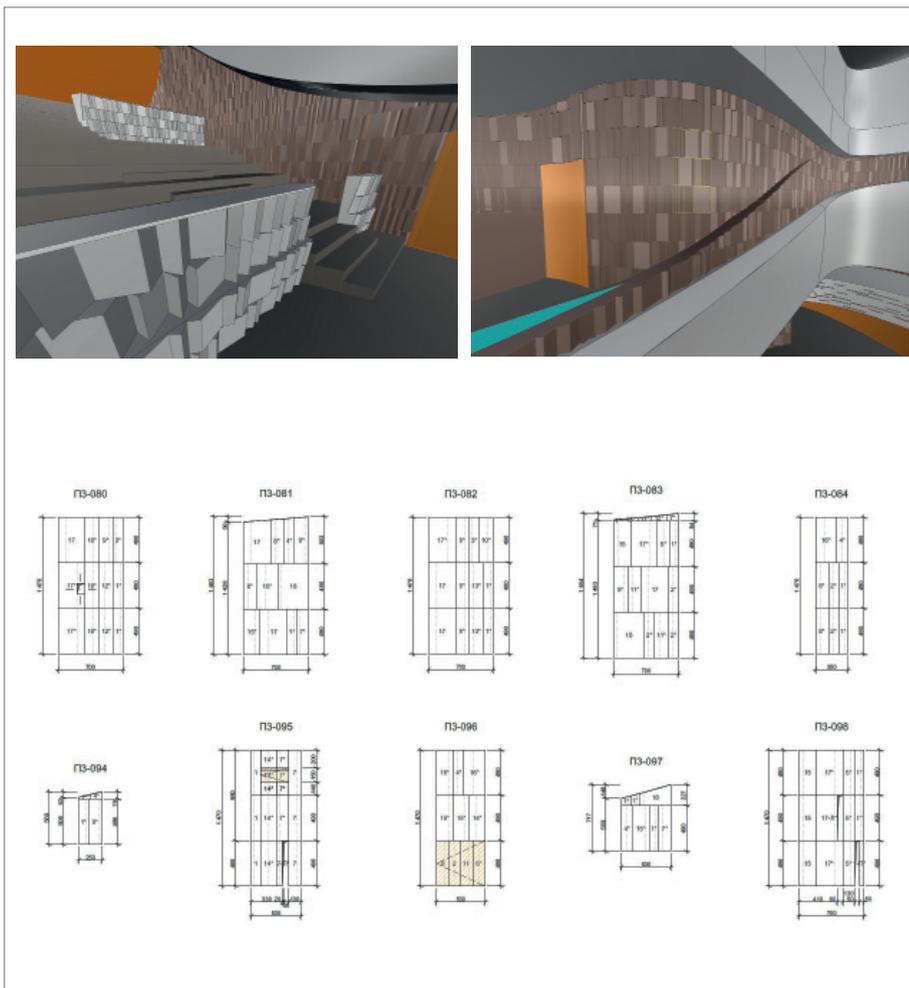


Рис. 13. Акустическая отделка Большого зала, выполненная в Rhino-Grasshopper и импортированная в ARCHICAD



<sup>1</sup> 29 февраля состоялось торжественное представление (инаугурация) органа, сопровождавшееся 24-часовым концертом.

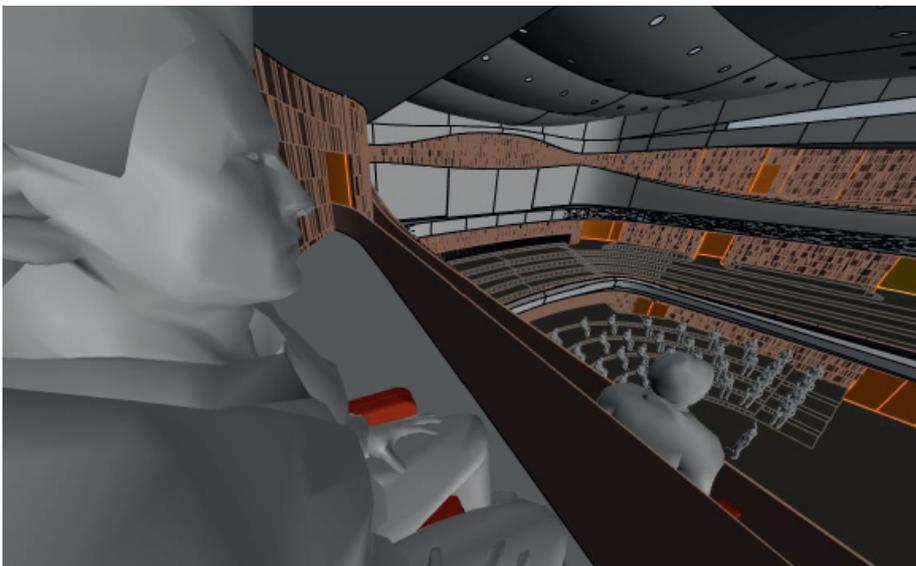
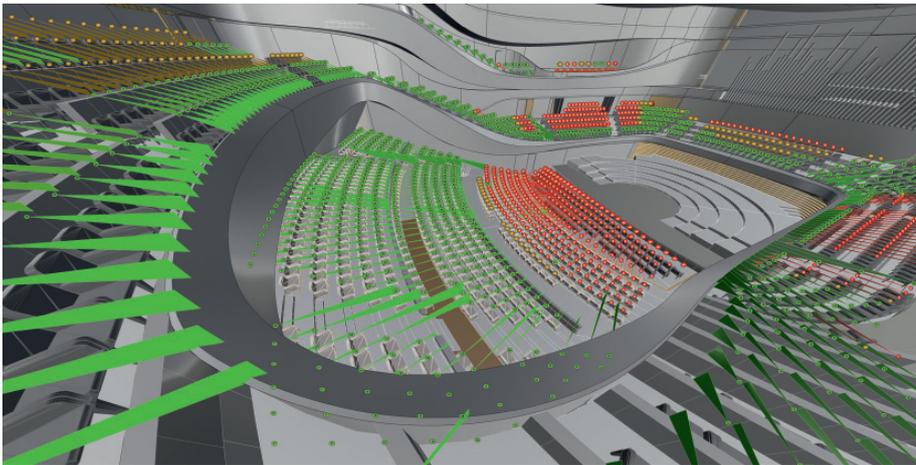


Рис. 14. Анализ видимости с помощью Grasshopper

мали, где поменять уклон, чтобы улучшить видимость. Если в ARCHICAD что-то менялось, снова импортировали в Grasshopper и еще раз всё проверяли" (рис. 14).

### Сроки проекта и российский стиль работы

Вся работа — и проектирование, и строительство — заняла всего три с половиной года. Для сравнения: Сиднейский оперный театр строился 14 лет, Эльбская филармония в Гамбурге — десять. "Когда начинали строить, не было начерчено ни одной эскизной линии. В январе 2015 года начали копать, даже не зная точно, где копать, — отмечает Владимир Плоткин. — Фасады с "корой" были сделаны уже к сентябрю 2017-го. Через год в таких же бешеных темпах сдавали зал".

### Ошибки

Несмотря на колоссальные объемы работы и сжатые сроки, ошибка в расчетах случилась лишь однажды. Для поддержания микроклимата требовалось разместить под "корой" стеклянные открывающиеся экраны. За полторы недели до сдачи фасадов в приемку оказалось, что экраны не подходят по размеру. Тем не менее "подрядчик среагировал быстро — металл подрезали, а стекло переказали. Успели уложиться в срок".

## Заказчик: АО "Мосинжпроект"

АО "Мосинжпроект" — лидер строительного рынка Москвы и один из крупнейших инженеринговых холдингов России. Компанией реализованы знаковые проекты столицы — реконструкция Большой спортивной арены олимпийского комплекса "Лужники", Центр художественной гимнастики в Лужниках, театр "Геликон-опера" и другие.

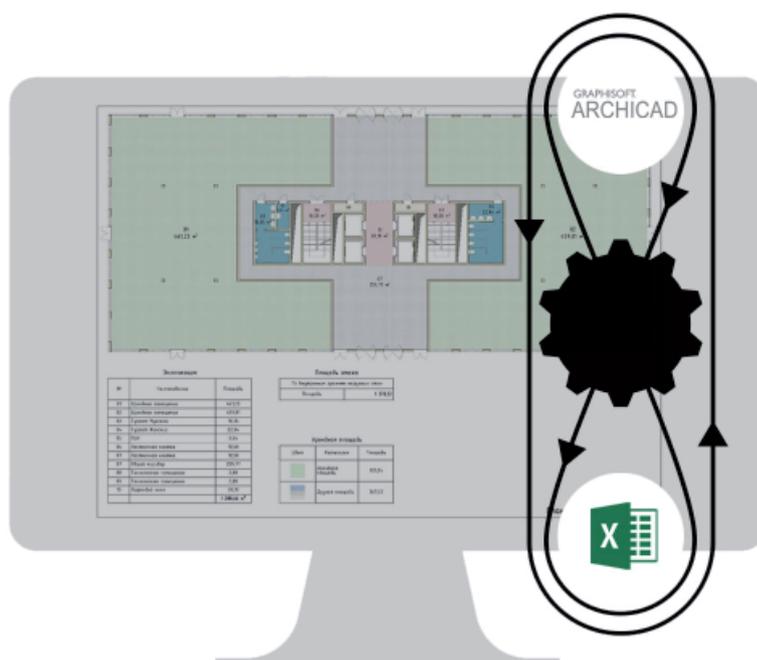
"Мосинжпроект" осуществляет полный цикл работ: от формирования идеи комплексного развития территории или создания объекта, проектирования, строительства, привлечения инвестиций до ввода объекта в эксплуатацию и управления недвижимым имуществом.

## О ТПО "Резерв"

История Творческого производственного объединения "Резерв" насчитывает уже более 30 лет. Это одно из самых известных и авторитетных архитектурных бюро Москвы. ТПО "Резерв" объединяет пять архитектурных мастерских, а также мастерскую интерьера и дизайна. В бюро работают около 150 человек.

Среди построенных объектов — жилые комплексы "Аэробус", "Город на реке Тушино-2018" и "Сколково Парк для Жизни", штаб-квартира Объединенной авиастроительной корпорации в Жуковском и офисный комплекс "Аэрофлот — Российские авиалинии", торговый центр "РИГАМОЛЛ" и здание Федерального арбитражного суда Московского округа.

Работы бюро неоднократно отмечены профессиональными премиями и дипломами (European Property Awards 2016-2017, World Architecture Festival 2008 и 2019, "АРХ Москва", "Золотое сечение", "Зодчество" и другие), часто становятся предметом публикаций.



## ➤ ARCHICAD И EXCEL: ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБМЕНА ДАННЫМИ

**З**дравствуйте, меня зовут Александр Крылов. Уже около девяти лет я активно пользуюсь программой ARCHICAD, а в этой статье хочу рассказать о своих способах организации взаимодействия таких программ, как ARCHICAD и Excel.

Почему для своей работы я выбрал эти программы? Excel давно занял нишу стандартной базовой программы в управленческих фирмах и в компаниях, занимающихся финансами. А из имеющихся на российском рынке программ для BIM-проектирования ARCHICAD лучше всего подходит для концептуального информационного моделирования с последующим быстрым извлечением данных из BIM-модели: даже не имея готового шаблона, на свежестановленном дистрибутиве можно довольно быстро создать концептуальную модель здания. Кроме того, ARCHICAD обладает дружелюбным и понятным интерфейсом. Я всегда смогу объяснить даже по телефону, куда нужно нажать и что нужно сделать, если вдруг срочно

понадобится произвести те или иные действия с проектом. В свою очередь необходимые для большинства рабочих процессов функции программы доступны "из коробки". Например, сохранение таблицы в формат XLSX. Для этого не требуется установка каких-либо дополнительных плагинов или написание специального кода — в отличие от конкурирующих программ для проектирования. А сам экспорт таблицы будет произведен с максимальным сохранением внешнего вида, без потери шрифтов, изображений, ширины столбцов и рамок. Это будет хорошо видно на примерах, которые я приведу ниже.

### Пример: простой проект бизнес-центра

В девелопменте, как, впрочем, и в любом строительстве, для принятия серьезных решений на начальной стадии проектирования необходимо прежде всего внимательно изучить и просчитать ТЭПы (технико-экономические показатели) проекта. Поскольку в девелопменте ТЭПы ориентированы на последую-

щее получение фирмой коммерческой выгоды, они могут содержать дополнительные данные, не прописанные в нормах. Для наглядной демонстрации взаимодействия двух программ я подготовил небольшой и простой проект бизнес-центра.

Десятиэтажное здание, второй этаж которого будем считать типовым. Первый этаж немного отличается от остальных. В проекте, в карте видов, я предварительно настроил необходимые проекции этажей, создал экспликации помещений, каталоги. Разместил необходимую информацию на макетах.

В ходе работы проект начинает обрастать всё большим количеством информации. Это один из принципов BIM-проектирования — наполнение проекта информацией. И чтобы не запутаться, следует взять за правило корректно именовать виды, каталоги, слои, пытаться все это систематизировать в карте видов и т.д. А если точнее, то *нужно всегда использовать предварительно настроенный шаблон*. Я же буду использовать стандартный шаблон проекта ARCHICAD,



Рис. 1

чтобы показать, как с нуля настраивается связь ARCHICAD и Excel.

Я разместил на макете план первого этажа (рис. 1), экспликацию помещений, каталог с площадью этажа, а также специально настроенный каталог с разбивкой помещений на нужные категории. Это "Арендная площадь" и "Другая площадь". Нужные мне категории предварительно создал в соответствующем меню (рис. 2).

### Расчет коэффициента рентабельности этажа

Теперь опишу, для чего я решил разбить всю площадь на две категории. Важным параметром определения экономической эффективности задуманной планировки является так называемый "Коэффициент рентабельности этажа". Его формула выглядит так:

$$\frac{\text{площадь арендных помещений} + \text{площадь этажа}}{\text{площадь этажа}}$$

Соответственно, общий коэффициент всего здания будет выглядеть как

$$\frac{\text{сумма всех арендных площадей} + \text{суммарную площадь всех этажей}}{\text{суммарную площадь всех этажей}}$$

Возможно, это прозвучит цинично, но для коммерсантов на первом месте было и остается получение максимальной прибыли от проектируемых помещений. Именно для определения эффективности начального зонирования и был придуман этот коэффициент.

Давайте немного отвлечемся и вспомним 22-ю версию ARCHICAD, в которой появилось очень важное и долгожданное нововведение – формулы. Данный инструментариум реализован через создание пользовательских свойств в менеджере свойств. И это огромный плюс, так как формулы не привязываются к каталогу, ячейке, как в Excel, а выполняют роль пользовательского свойства того или иного объекта. Поэтому мы можем использовать формулы не только в каталогах, но и в выносных надписях, графических заменах, при поиске объектов и т.д. Формулы – отличный инструмент, но перед нами стоит нетривиальная задача. В нашем случае, исходя из формулы подсчета коэффициента рентабельности, мне нужно площадь одного элемента зоны разделить на площадь другого элемента (на самом деле, чтобы не создавать отдельную зону для подсчета площади этажа и не насаживать эту зону на уже созданные маленькие зоны помещений,

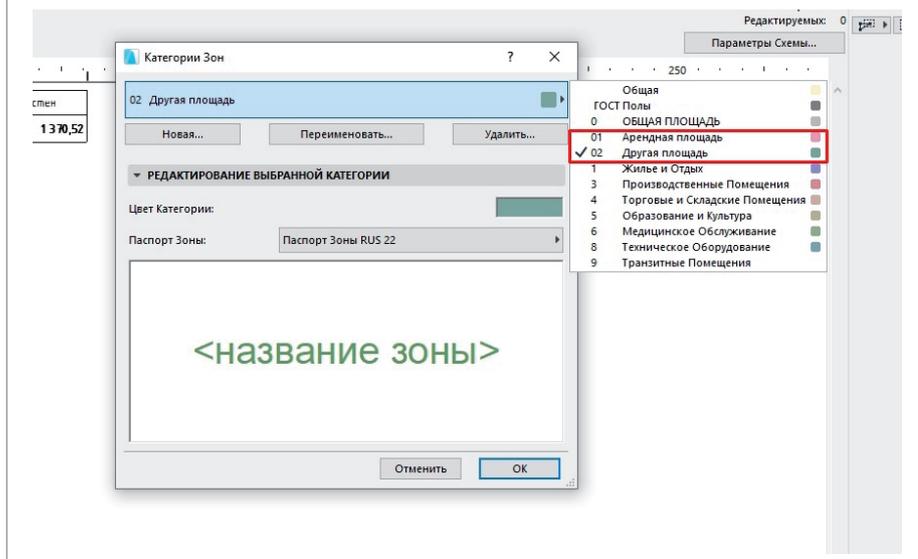
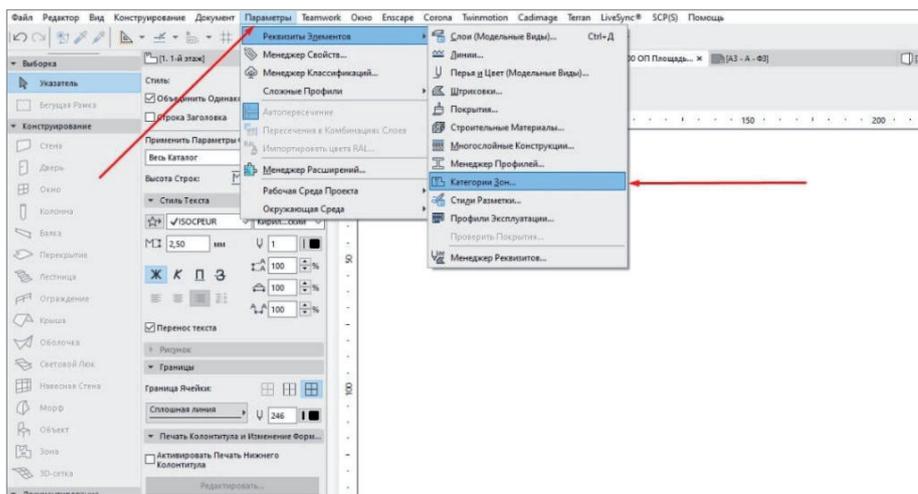


Рис. 2

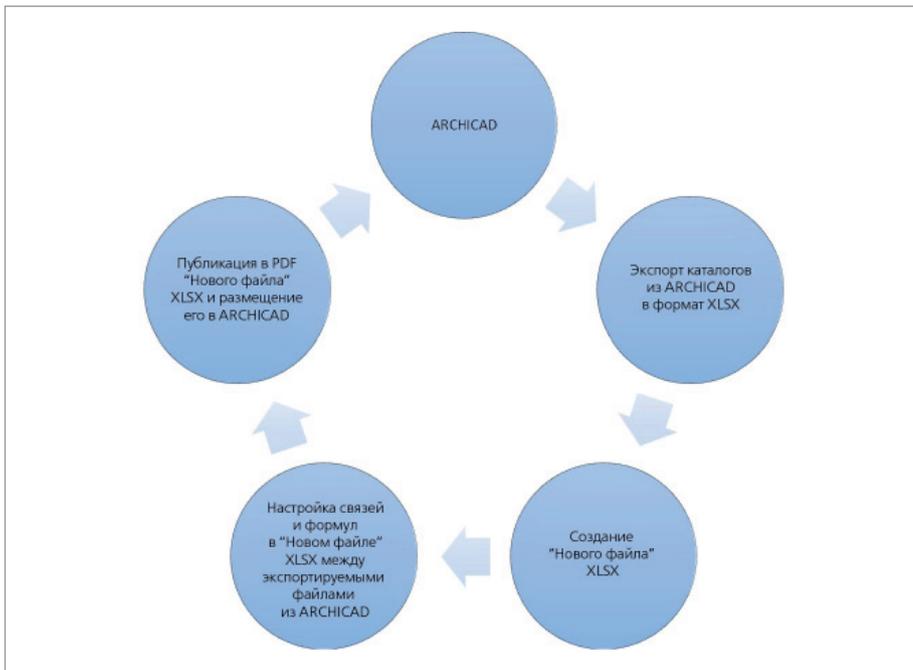


Рис. 3

я выбрал для подсчета в каталоге площадь перекрытия). Но формулу можно привязать только к выбранному объекту. Проще говоря, в ARCHICAD нет возможности создать формулу для нужной нам операции деления. Поэтому, чтобы решить задачу, придется воспользоваться сторонними средствами. Наиболее подходящим будет Excel, так как эта программа позволяет работать с формулами, а сам ARCHICAD умеет экспортировать каталоги в формат XLSX. Экспорт каталогов из ARCHICAD не занимает много времени и делается буквально в три клика. Хочу заметить,

что простой ручной подсчет в таблице нам не нужен. Нам важно сделать так, чтобы был автоматизирован практически весь процесс. Чтобы при изменении какого-либо значения в проекте все автоматически пересчитывалось и подставлялось в нужные нам места. Сделать это несложно, и общая схема процесса будет выглядеть так, как показано на рис. 3. Я покажу весь этот процесс на примере подсчета коэффициента рентабельности.

### Экспорт каталогов в формат XLSX

Сначала мы экспортируем каталоги в формат XLSX (рис. 4-5). Если открыть

эти файлы, то можно заметить, что внешний вид таблиц остался прежним. Присутствуют даже изображения. Следует отметить, что при сохранении ARCHICAD предложит такое же имя, как в названии самого каталога. Если при создании каталогов вы называли их по какому-то алгоритму, то процесс сохранения и поиска данных будет проходить у вас очень быстро. Также рекомендуется создать папку, отведенную только для экспортируемых файлов XLSX, чтобы впоследствии быстрее осуществлять доступ к экспортируемым данным.

### Создание нового файла формата XLSX

После экспорта каталогов из ARCHICAD необходимо создать новый файл формата XLSX. Это основной файл, в котором будут собираться данные и который мы будем использовать при импорте в ARCHICAD.

Откроем этот файл и в первом столбце сразу зададим наименование рассчитываемого значения: "Коэффициент рентабельности". А во втором столбце пропишем формулу для подсчета этого коэффициента. Формула прописывается таким образом, чтобы данные для подсчета поступали из таблиц, которые мы экспортировали из ARCHICAD. Для этого нам нужно изначально открыть все таблицы, из которых мы хотим брать данные. Вспомним, что нужная нам формула выглядит так:

$$\text{площадь арендных помещений} \div \text{площадь этажа}$$

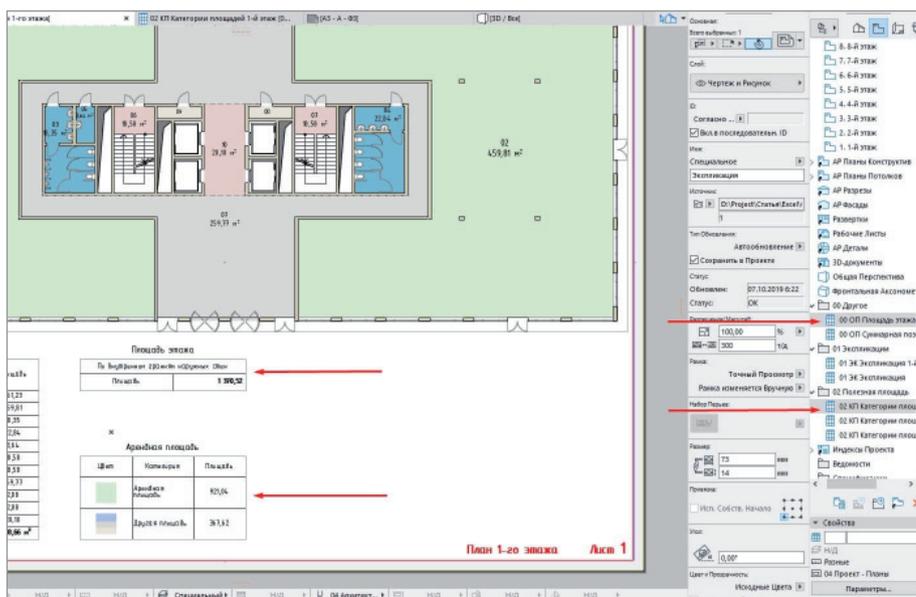


Рис. 4

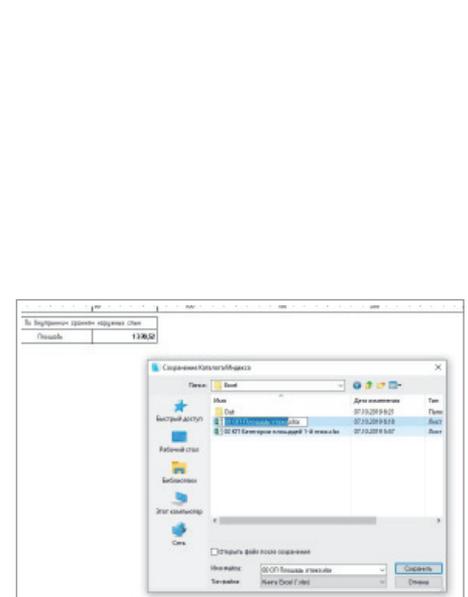


Рис. 5

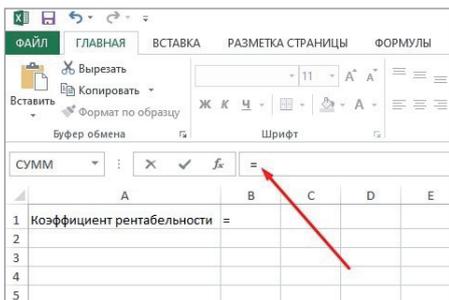


Рис. 6

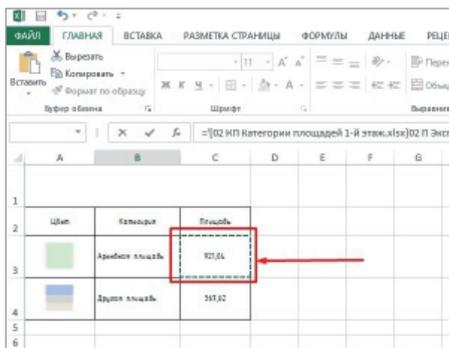


Рис. 7

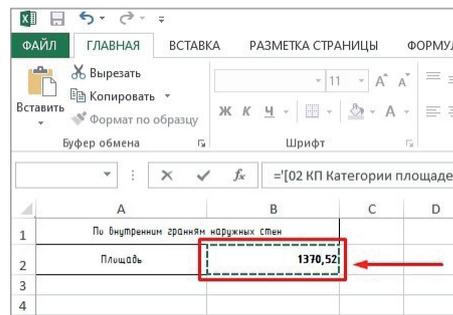


Рис. 8

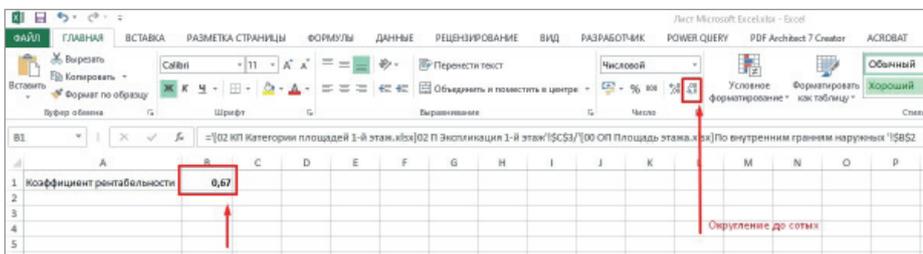


Рис. 9

Для этого в строке формул нашей таблицы записываем (рис. 6):

= (равно),

Переходим к таблице с площадью арендных помещений и щелкаем по ячейке с нужными данными (рис. 7).

Снова переходим в строку записи формулы и ставим знак / (разделить). Затем переходим к таблице с площадью этажа и щелкаем по ячейке с нужными нам данными (рис. 8).

Возвращаемся в файл, где записываем формулу для расчетов, и в строке формул ждем *Enter*. Всё, теперь можно закрыть каталоги, экспортируемые из ARCHICAD. При необходимости оформляем внешний вид таблицы: рисуем рамку, задаем нужный шрифт, округляем полученное значение (рис. 9).

## Сохранение таблицы в формат PDF

Далее мы можем, конечно же, просто выделить нашу таблицу, скопировать содержимое в буфер обмена, а затем вставить в ARCHICAD как текст или изображение, благо ARCHICAD позволяет нам воспользоваться и таким способом импорта данных. Но этот способ работы с данными нам не подходит, так как при малейшем изменении каких-либо значений в проекте потребуются много ручной работы. Да и слишком он "грязен" для проекта, если вставлять текстом. Для того чтобы мы могли автоматизировать процесс обновления данных из Excel

в ARCHICAD, будем пользоваться сохранением таблицы в формат PDF. Это еще один формат, с которым ARCHICAD прекрасно работает "из коробки", позволяя размещать его во всех проекциях и макетах проекта. Что немаловажно, он по умолчанию автоматически обновляет данные из ссылочного документа.

Сохраним нашу таблицу в формат PDF и импортируем документ в ARCHICAD. Затем разместим в нужном месте на макете и зададим нужную область видимости (рис. 10).

## Создание макроса для автоматического сохранения PDF

Теперь значение будет автоматически меняться при изменении значения в PDF. Но это еще не автоматизированный способ. Чтобы Excel автоматически пересохранял лист PDF с тем же именем при смене данных, мы можем записать макрос в нашу таблицу с подсчетом коэффициента рентабельности. Макрос – это определенный повторяющийся алгоритм действий, который можно записать в виде микропрограммы. Для этого в нашей созданной таблице следует перейти

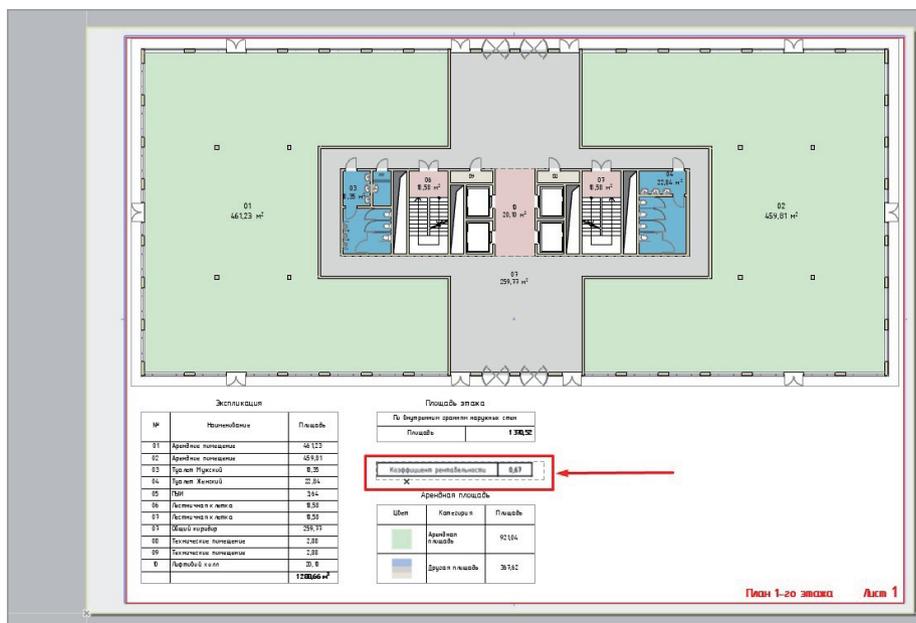


Рис. 10

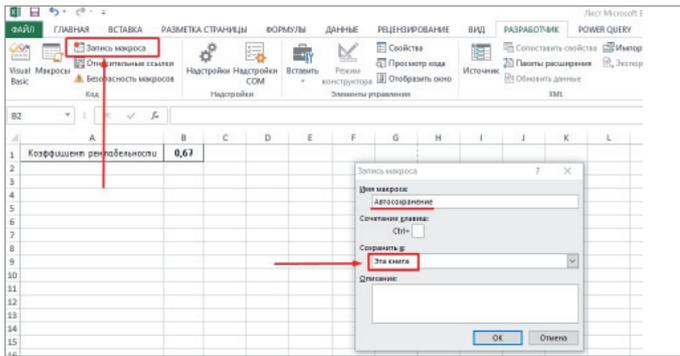


Рис. 11

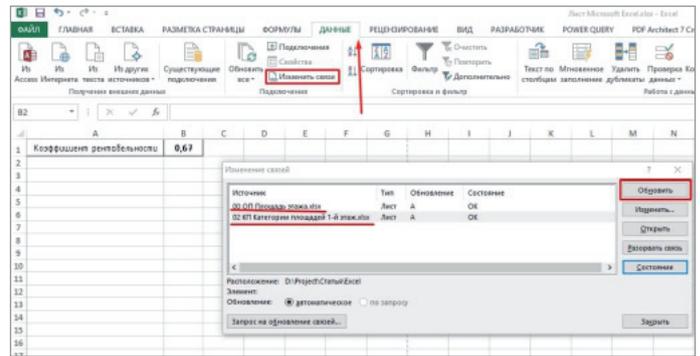


Рис. 12

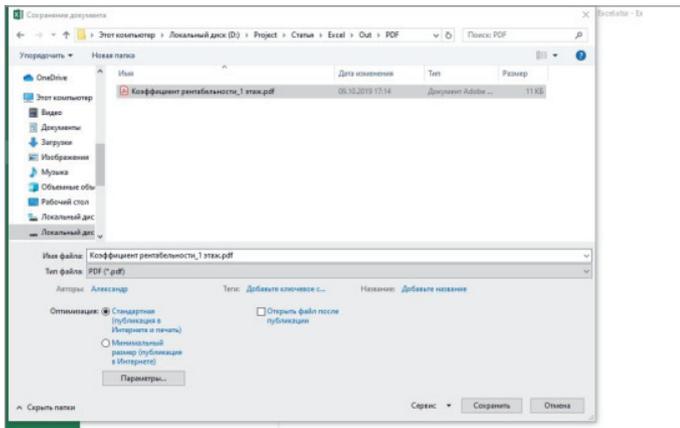


Рис. 13

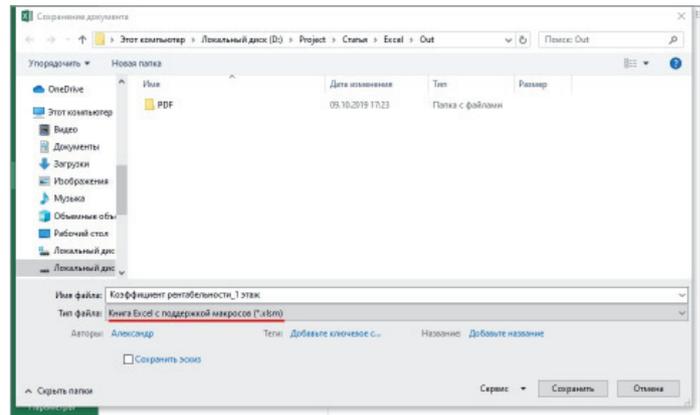


Рис. 14

на вкладку *Разработчик* (если она неактивна, включите ее в меню *Файл/Параметры/Настроить ленту*) и нажать иконку *Запись макроса*. В открывшемся окне вводим имя макроса и определяем место сохранения макроса. Выбираем сохранение в этой же книге, чтобы его не потерять. Нажимаем *OK* (рис. 11).

Всё, началась запись макроса – то есть запись наших действий, которые мы хотим автоматизировать. Начинаем производить эти действия. Перед сохранением в PDF нам обязательно нужно обновлять данные из связанных таблиц. Для этого переходим на вкладку *Данные*. Выбираем пункт *Изменить связи*. В открывшемся окне выбираем наши присоединенные

таблицы и для каждой нажимаем *Обновить* (рис. 12).

После обновления закрываем окно. Переходим во вкладку *Файл* и сохраняем PDF с правильным именем в нужном месте. В нашем случае файл PDF уже существует, поэтому его нужно сохранить с заменой (рис. 13).

Затем переходим во вкладку *Разработчик* и останавливаем запись макроса, после чего сохраняем нашу таблицу, выбирая тип файла с поддержкой макросов (рис. 14).

### Автоматический запуск макроса

Теперь при открытии этой таблицы нам просто понадобится запустить наш ма-

крос, и все действия по обновлению связей и сохранению в PDF произойдут автоматически. Пойдем дальше и еще больше автоматизируем процесс. Для удобства данный макрос можно настроить на автоматический запуск при открытии файла. Для этого переходим на вкладку *Разработчик* и запускаем редактор Visual Basic. Выбираем наш макрос во вкладке *Modules* и копируем текст макроса в буфер обмена (рис. 15).

Затем выбираем вкладку *Эта книга*, открываем в выпадающем окне *Workbook и Open* и вставляем наш скопированный текст (рис. 16). Сохраняем и закрываем. Таким образом, мы включили автоматический запуск макроса при открытии

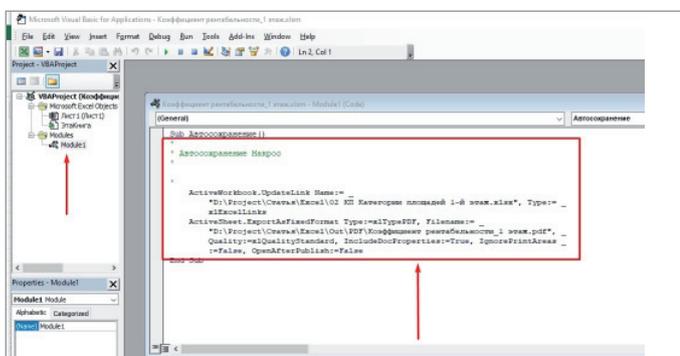


Рис. 15

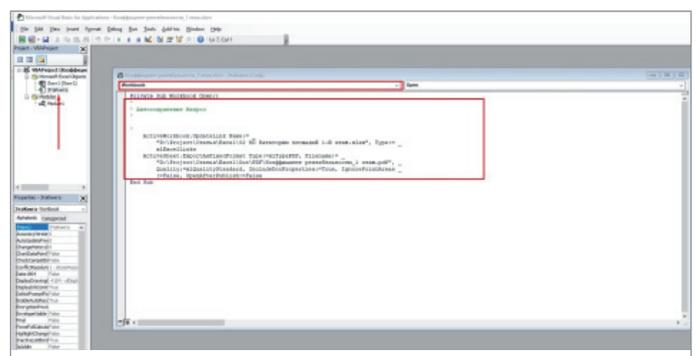


Рис. 16

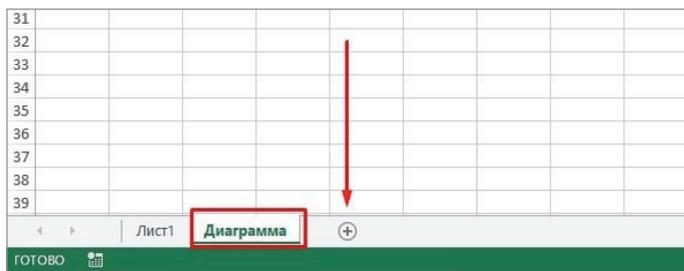
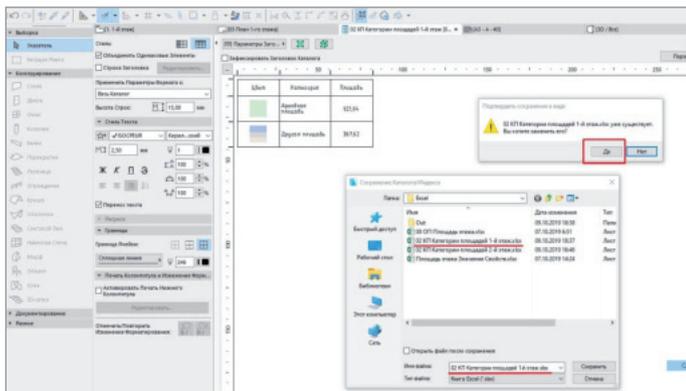


Рис. 18

← Рис. 17

файла. Теперь при каждом открытии этой таблицы Excel будет автоматически пересчитывать значение коэффициента и сохранять лист в PDF без запроса пользователя, что весьма удобно. А так как в ARCHICAD данный лист PDF настроен на автоматическое обновление, то данные будут обновляться и там. Необходимо лишь при изменении площади этажа или площади арендных помещений экспортировать эти таблицы из ARCHICAD в то же место и с тем же именем с заменой существующего файла (рис. 17).

Для того чтобы при изменении значений проекта в ARCHICAD не утруждать себя открытием и пересохранением каждой таблицы, можно просто настроить экспорт всех этих таблиц через публикатор. Естественно, выбрав для сохранения ту папку, из которой берутся связи для расчетов.

### Импорт графиков и диаграмм из Excel в ARCHICAD

Мы можем импортировать из Excel не только таблицы с подсчетами, но и графики и диаграммы. Построим простую

диаграмму на основе данных площадей первого этажа. Сама схема импорта в ARCHICAD будет такой же – через PDF. И для того чтобы не создавать огромное количество новых XLSX-файлов, не запутаться при их запуске для обновления данных, мы продолжим работу в файле, который создавали ранее. Для этого просто создадим новый лист и назовем его *Диаграмма* (рис. 18).

Далее через меню ленты *ВСТАВКА* создаем нужную нам диаграмму (рис. 19). Затем нам следует выбрать данные, которые будут необходимы для построения диаграммы (рис. 20).

Для этого нам, как и в прошлый раз, необходимо будет открыть экспортируемую из ARCHICAD таблицу с площадями и в открытой таблице выделить нужные столбцы для подсчета. При выделении следует выбирать и названия столбцов, чтобы впоследствии можно было автоматически сделать подписи к значениям на диаграмме (рис. 21). Нажимаем *ОК*.

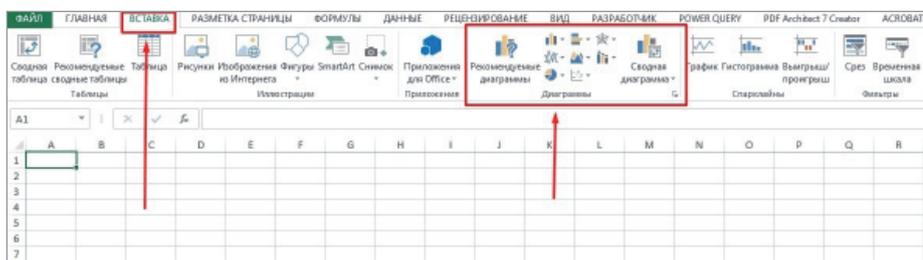


Рис. 19

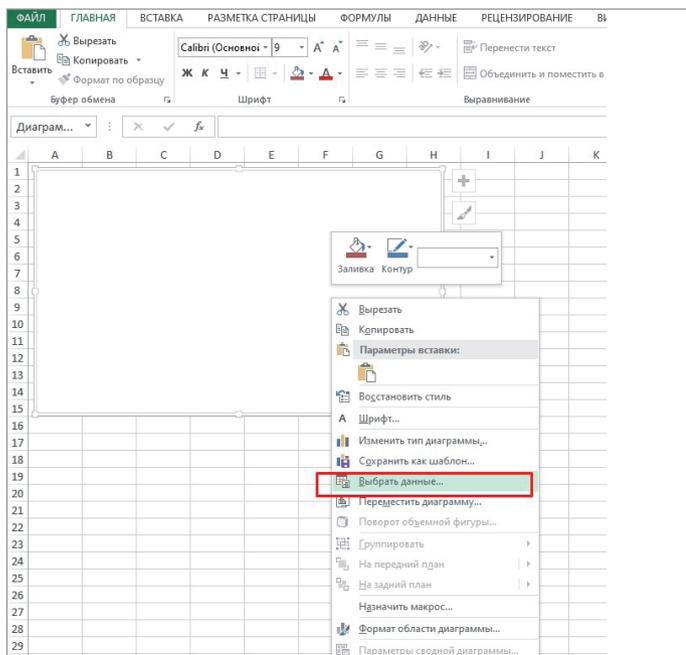


Рис. 20

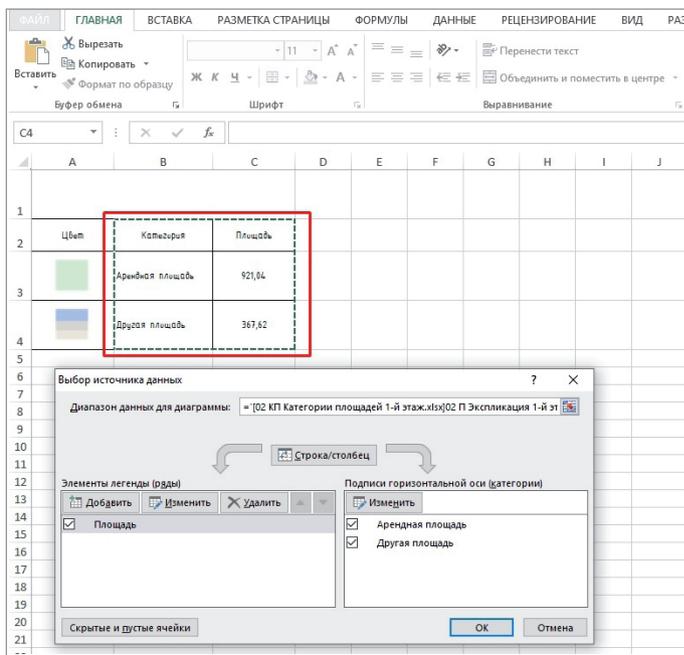


Рис. 21

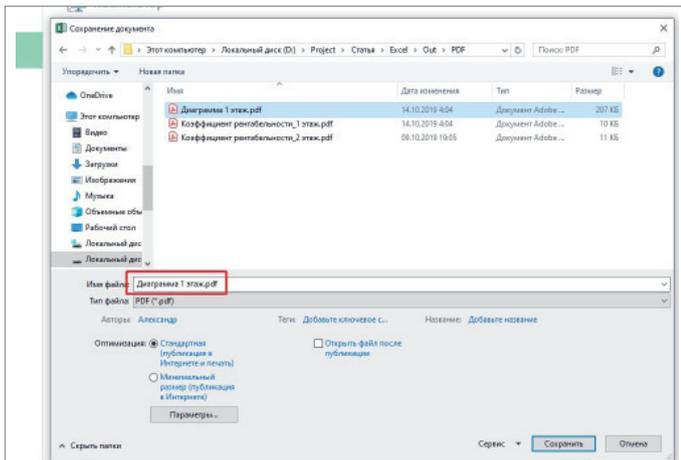


Рис. 22

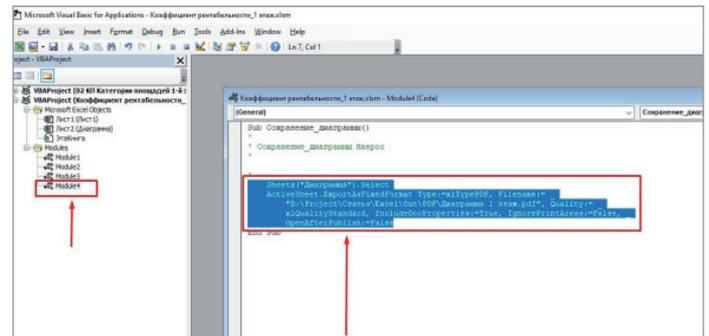


Рис. 23

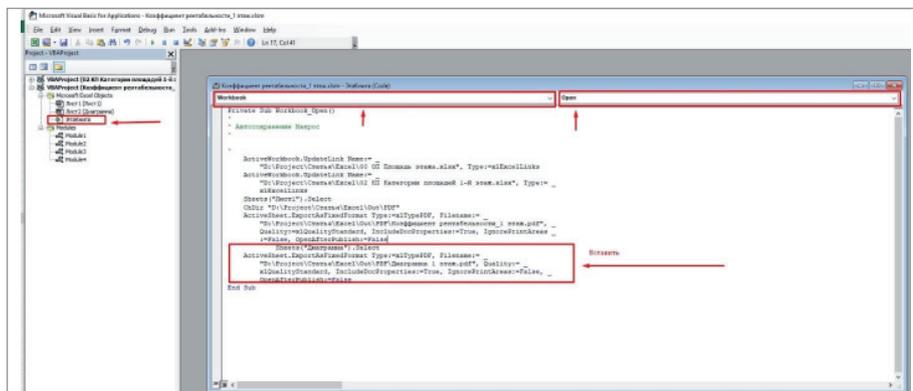


Рис. 24

Настраиваем диаграмму под нужный формат отображения. Далее снова создаем макрос для автоматизации действий с сохранением. Так как предыдущий макрос уже производил действия с обновлением связей, в этот макрос следует записать только выбор соответствующего листа и сохранение диаграммы в формат PDF (рис. 22).

Алгоритм создания записи макроса остается прежним. После создания макроса снова переходим в редактор Visual Basic и вносим новый макрос в процедуру, автоматически выполняемую при открытии файла. Выбираем созданный макрос и выделяем код (рис. 23). Затем переходим в пункт *ЭтаКнига* и вставляем код из буфера обмена сразу

вслед за кодом предыдущего макроса (рис. 24).

Всё сохраняем и закрываем. Теперь остается лишь разместить на макете созданный файл PDF (рис. 25).

Принцип действия связи аналогичен. При изменении площадей в проекте необходимо лишь экспортировать (с заменой) каталоги с изменившимися данными из ARCHICAD и открыть файл, содержащий в себе расчеты: тот, в котором находятся расчет коэффициента и диаграмма. Весь этот процесс занимает несколько секунд. Как вы заметили, все расчеты можно делать и в одном файле Excel, но создавая каждый раз новый лист и дописывая новый макрос. Это обеспечивает определенное удобство, так как не нужно постоянно открывать большое количество файлов для обновления PDF.

### Другие возможности организации взаимодействия

Это был лишь один из примеров организации взаимодействия. Связывая две программы через PDF, мы можем использовать все преимущества Excel. Составлять свою настраиваемую таблицу с данными, выгруженными из ARCHICAD, и размещать ее в проекте. Производить более сложные расчеты, недоступные в среде ARCHICAD. Легко наполнять макеты дополнительными наглядными графиками, диаграммами. Также есть возможность использовать вместе с программой Excel средство визуализации данных POWER BI. А импорт через PDF позволяет разместить на макетах бизнес-аналитику – в три клика и без программирования сложных кодов, что выгодно отличает ARCHICAD от конкурентов.

Описывая взаимодействие этих двух программ, нельзя не упомянуть встроен-

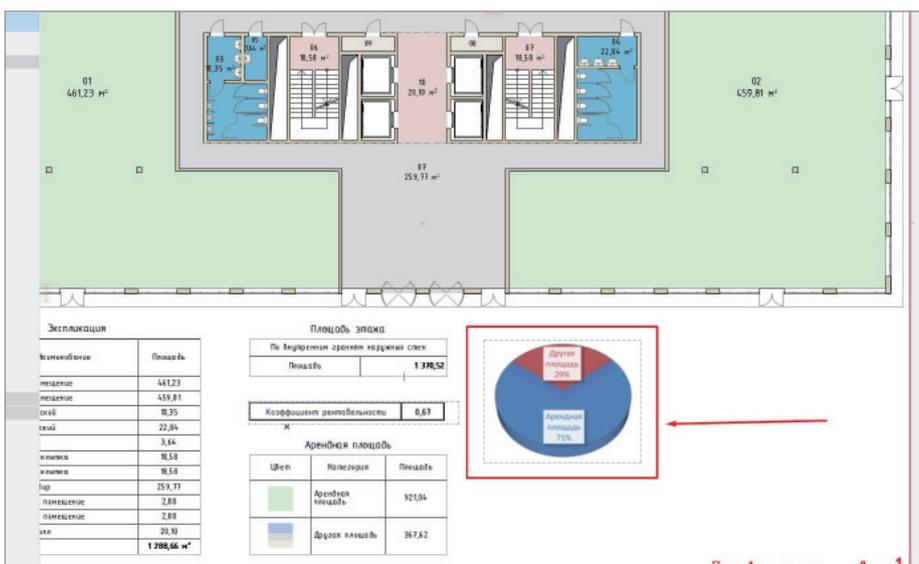


Рис. 25

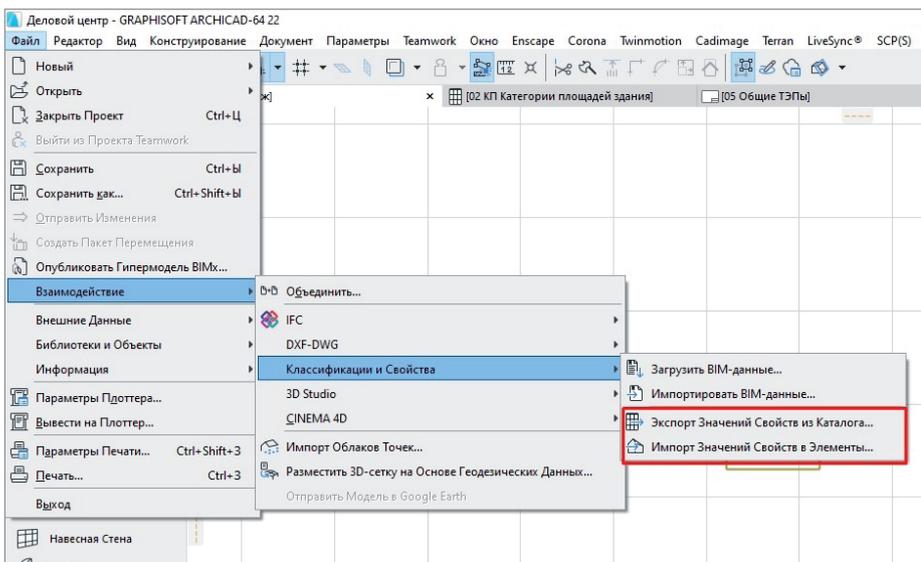


Рис. 26

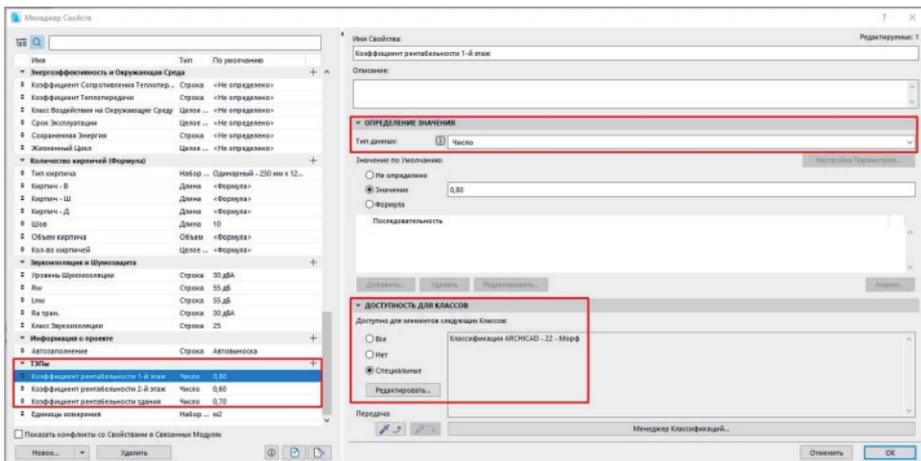


Рис. 27

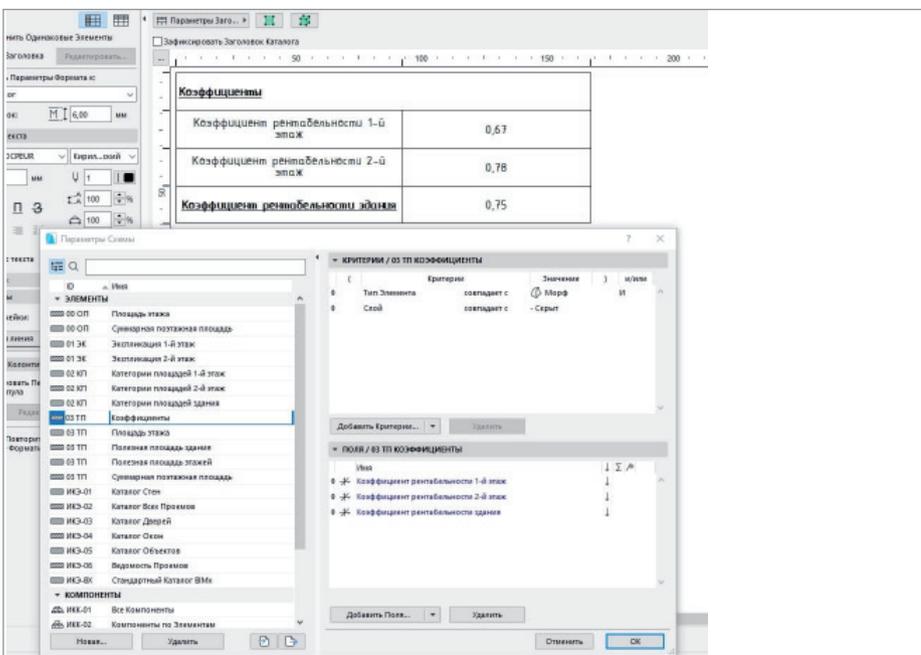


Рис. 28

ный в ARCHICAD инструмент импорта и экспорта значений свойств элементов в виде электронных таблиц (рис. 26).

### Импорт значений из Excel в ARCHICAD

ARCHICAD позволяет не только экспортировать значения в формат XLSX, но и **импортировать** измененные в таблице значения в проект. Попробую продемонстрировать такую возможность на примере коэффициента рентабельности. Прежде всего создадим эти свойства в менеджере свойств. Для стандартизации поместим их в группу *ТЭПы* (рис. 27).

Для каждого значения следует выбрать тип данных "Число" (это нужно для корректного отображения и округления в дальнейшем, ведь сам коэффициент – числовое значение). Для того чтобы мы могли взаимодействовать с этими свойствами в проекте, создавать каталоги, они должны принадлежать какому-либо элементу в классификации. Я выбрал морф, так как этот инструмент меньше всего используется в проектах для вычислений (сделаю оговорку и скажу, что это я редко использую этот элемент при BIM-проектировании. Другие, возможно, используют его чаще).

Теперь создадим нетвердотельный морф и разместим его на неиспользуемом слое – например, на стандартном слое "Скрыт". Этот морф создается для того, чтобы мы смогли идентифицировать созданные нами свойства и занести их в каталог для подсчетов. Грубо говоря, созданный морф будет объектом хранилища наших ТЭПов, и его ни в коем случае нельзя удалять. Поэтому лучше всего размещать такие объекты на неиспользуемом и выключенном слое. Дальше требуется только создать каталог и оформить его внешний вид (рис. 28). Теперь мы можем воспользоваться экспортом таблицы в формат XLSX. Но в этот раз применим другой инструмент экспорта из ARCHICAD, *Файл/Взаимодействие/Классификации и свойства*. Сохраним этот каталог, а затем открываем его (рис. 29-30).

При таком способе из каталога ARCHICAD происходит выгрузка именно данных, а не внешнего вида таблицы. Поэтому для импорта в ARCHICAD формат PDF использоваться не будет и, следовательно, тратить время на оформление таблицы не следует. Но для подсчета коэффициентов необходимо снова записать формулы в ячейки данных. Процесс записи формул идентичен предыдущему способу. После записи всех

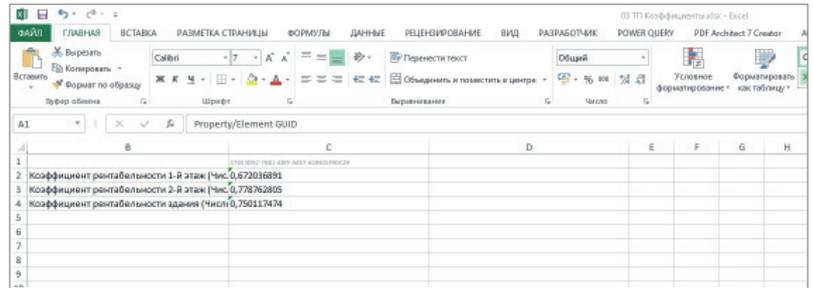
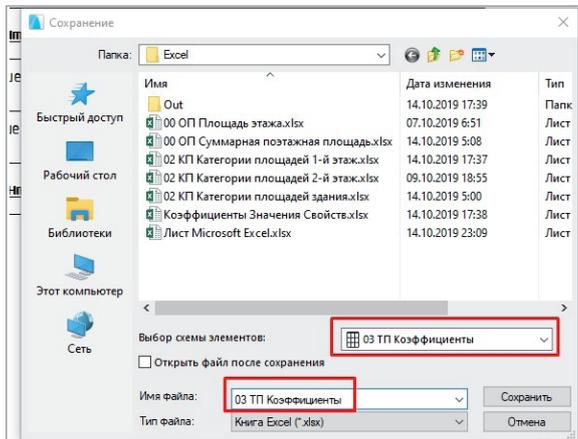


Рис. 30

← Рис. 29

формулы сохраняем файл. При изменении значений в ссылочных каталогах необходимо будет заново открывать этот файл для обновления значений. При каждом открытии файла Excel будет запрашивать у нас обновление связей. Всегда выбираем *Обновить*, а затем закрываем с сохранением.

Возвращаемся в ARCHICAD. Переходим в *Файл/Взаимодействие/Классификации и свойства* и теперь выбираем импорт значений свойств. Для импорта выбираем нашу таблицу, в которой мы прописали формулы (рис. 31).

При импорте ARCHICAD спросит, какие именно значения следует извлечь в каталог. Так как при создании свойств в типе данных мы использовали "Число", при импорте числовые значения автоматически округляются до сотых (исходя из настройки окружающей среды ARCHICAD). Теперь остается просто разместить каталог на листе (рис. 32).

Таким образом, мы создали и разместили стандартный каталог, внешний вид которого настраивается в самой среде ARCHICAD. Ведь этот каталог, при определенных его размерах, можно автоматически размещать на нескольких листах или разбивать на две таблицы. При

использовании PDF, без настройки внешнего вида в среде Excel, так сделать не получится.

Кроме того, используя этот способ взаимодействия, мы можем внести с помощью Excel формулы в специально созданные пустые ячейки каталога. Например, возвращаясь к нашему коэффициенту рентабельности, в каталоге с площадями "Арендная площадь" и "Другая площадь" мы можем создать пустое поле и использовать его для отображения этого коэффициента. Настроив экспортируемую таблицу и используя импорт данных, мы можем автоматически обновлять это значение без риска ошибиться в подсчетах. Единственное, что для обновления данных этого каталога всегда придется пользоваться импортом значений — и это, пожалуй, главный минус представленного способа.

Может показаться, что в описанных мною способах слишком много ручной работы и кликов при использовании, но это только на первый взгляд. Настроив всё один раз, вы будете осуществлять весь процесс обновления в два-три клика. А впоследствии созданные файлы и связи можно будет использовать как шаблоны для проектов. Ведь лучше один

раз потратить время на настройку и оформление, чем тратить его постоянно при создании нового проекта.

*Александр Крылов,*  
**ведущий специалист-архитектор**  
*девелоперской фирмы ICM*  
 Опубликовано:  
<https://helpcenter.graphisoft.ru/knowledgebase/62881>

## Об авторе

Александр Крылов начал проектную деятельность в 2013 году. Работал над проектом гостиницы в центре Москвы, разрабатывал проекты загородных жилых домов, частных интерьеров и частного музея. В 2017-м был назначен ведущим архитектором по нескольким объектам исторических парков "Россия – моя история". В составе группы архитекторов работал над проектом главного храма ВС РФ в парке "Патриот". Входил в команду архитекторов, проектировавших благоустройство территории музея-заповедника "Херсонес Таврический".

Ведущий специалист-архитектор девелоперской фирмы ICM. Осуществляет разработку коммерческо-деловых центров компании, а также проработку существующих офисных центров.

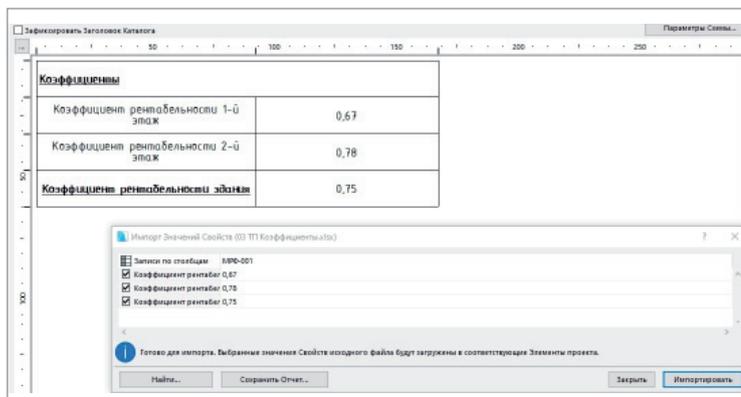


Рис. 31



Рис. 32



## ➤ ЛУЧШИЕ ПРОЕКТЫ КОНКУРСА "ГОД В ИНФРАСТРУКТУРЕ 2019"

Уже более 15 лет компания Bentley Systems организует конкурс "Год в инфраструктуре", отмечая самые значительные достижения пользователей ПО Bentley в проектировании, строительстве и эксплуатации инфраструктурных объектов. На конкурс поступают сотни работ со всех уголков земного шара.

"Год в инфраструктуре" – неотъемлемая часть одноименной конференции, ежегодно проводимой компанией Bentley. Мероприятие, которое проходит в разных странах, объединяет специалистов в области инфраструктуры и лидеров отрасли со всего мира. Здесь они могут поделиться передовыми практиками, узнать о новейших достижениях, которые позволят улучшить реализацию инфраструктурных проектов и повысить производительность активов. Победителей конкурса традиционно объявляют во время торжественного ужина по окончании конференции. Подробное описание всех конкурсных проектов публикуется в печатной и цифровой версиях сборника "Год в инфраструктуре".

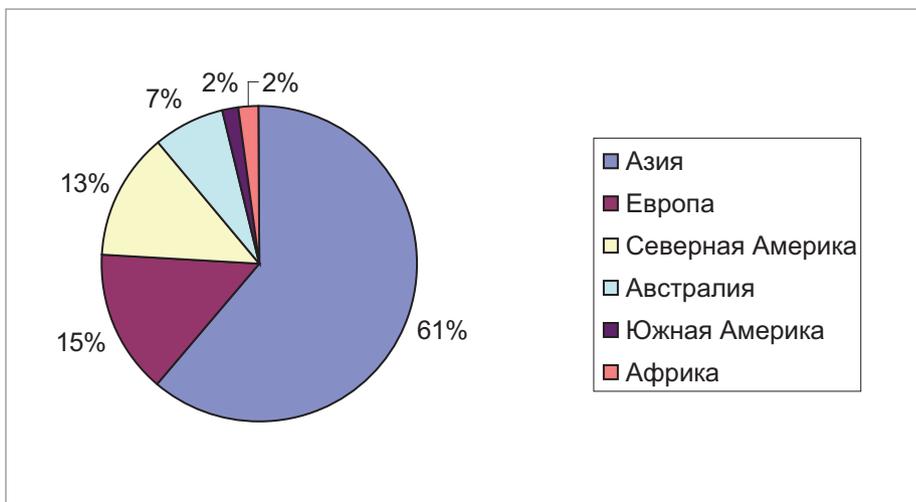
В 2019 году на конкурс была подана 571 заявка от 440 организаций, представивших 60 стран. В 18 номинациях ком-

петентное жюри выбрало 54 проекта из 20 стран. 61% финалистов представляли страны Азии: Китай (более четверти работ, прошедших в финал), Индия (10% от общего числа финалистов), Индонезия, Бангладеш, Малайзия, Пакистан, Сингапур, Южная Корея, Саудовская Аравия, Филиппины, ОАЭ. Конкуренцию азиатским странам составили США и Великобритания (по 10% работ), четыре проекта представили австралийские компании, два – итальянские. В число

финалистов также вошли пользователи из Бразилии, Демократической Республики Конго, Канады, Норвегии.

В напряженной борьбе победителями стали четыре проекта из Китая, три из США, по два из Малайзии, Великобритании, Сингапура и по одному из Индонезии, Бангладеш, Демократической Республики Конго, Канады и Италии.

*Ольга Казначеева*



Распределение проектов-финалистов

## ➤ ПОБЕДИТЕЛИ В НОМИНАЦИИ "ЗА ОСОБЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ" НА КОНКУРСЕ "ГОД В ИНФРАСТРУКТУРЕ 2019"

### Совершенствование городского планирования с помощью цифровых двойников

Департамент гражданского проектирования и разработки, правительство специального административного региона Гонконга и компания AECOM

Исследование городского планирования Town Plaza для учреждения северного района Кву Тунг, территории под новую застройку специального административного региона Гонконга

(Китай)



### Совершенствование устойчивого развития промышленности с помощью цифровых двойников

MCC Capital Engineering & Research Incorporation Ltd.

Henan Jiuyan Iron & Steel – проект энергоэффективной модернизации с использованием высокотемпературной установки сверхвысокого давления мощностью 80 МВт для выработки электроэнергии с использованием газа

(г. Цзююань, провинция Хэнань, Китай)





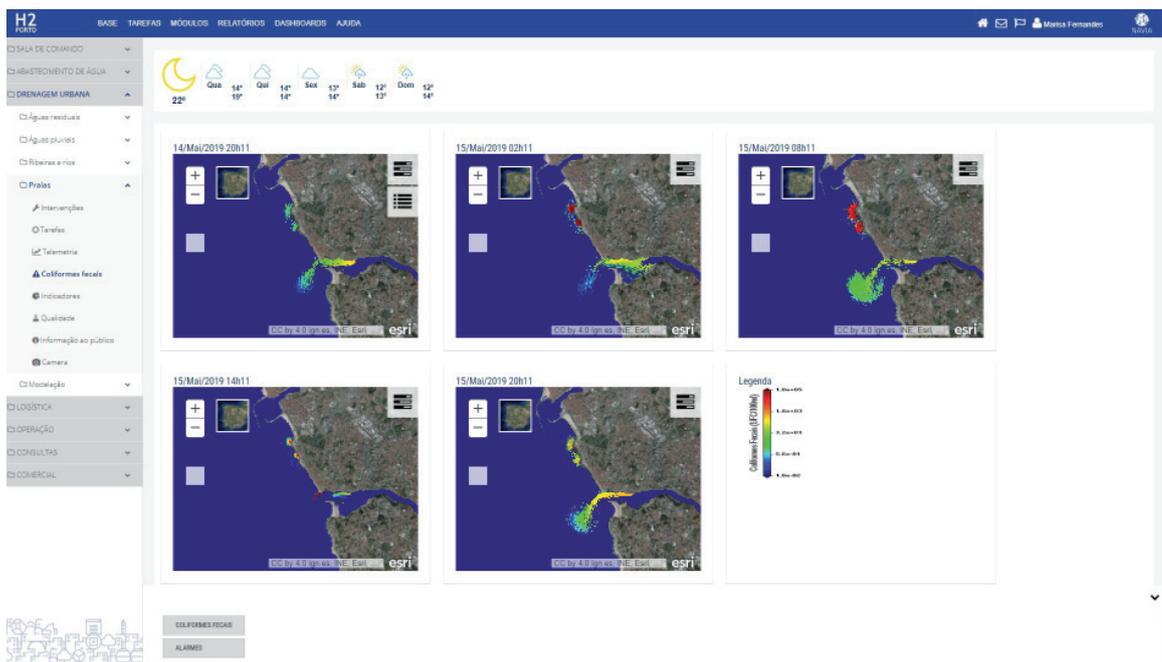
**Премия "Цифровые города" за комплексные цифровые двойники дорог**

Shenzhen Highway Engineering Consultant Co., Ltd.  
 Проект транспортного пересечения восточной части г. Янган  
 (г. Шеньчжень, провинция Гуандун, Китай)



**Премия "Цифровые города" за комплексные цифровые двойники водопроводных сетей**

Águas do Porto, EM  
 Технологическая платформа H2PORTO для встроенного управления циклом водопроводной воды в г. Порту  
 (г. Порту, Порту, Португалия)



## Повышение отказоустойчивости инфраструктуры с помощью цифровых двойников

Italferr S.p.A.

Новый путепровод через реку Польцевера

(г. Генуя, Лигурия, Италия)



## Продвижение индустриализации в сфере строительства с помощью цифровых двойников

Heilongjiang Construction High-Tech Capital Group Co., Ltd.

Интеллектуальное и цифровое приложение в демонстрационном парке модернизации строительной отрасли в провинции Хэйлуцзян

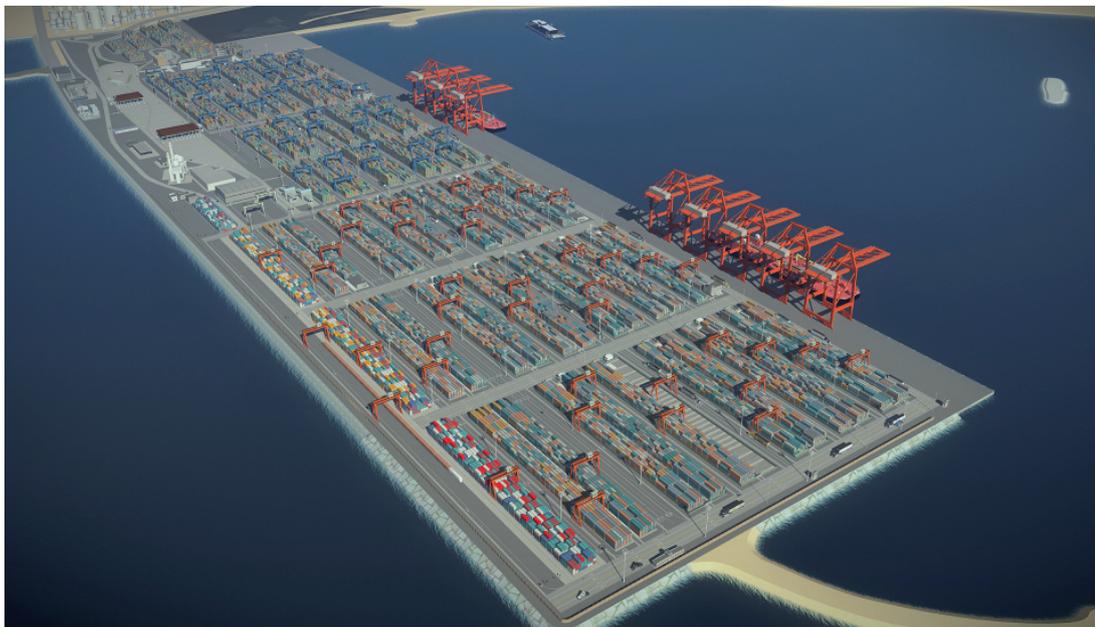
(г. Харбин, провинция Хэйлуцзян, Китай)





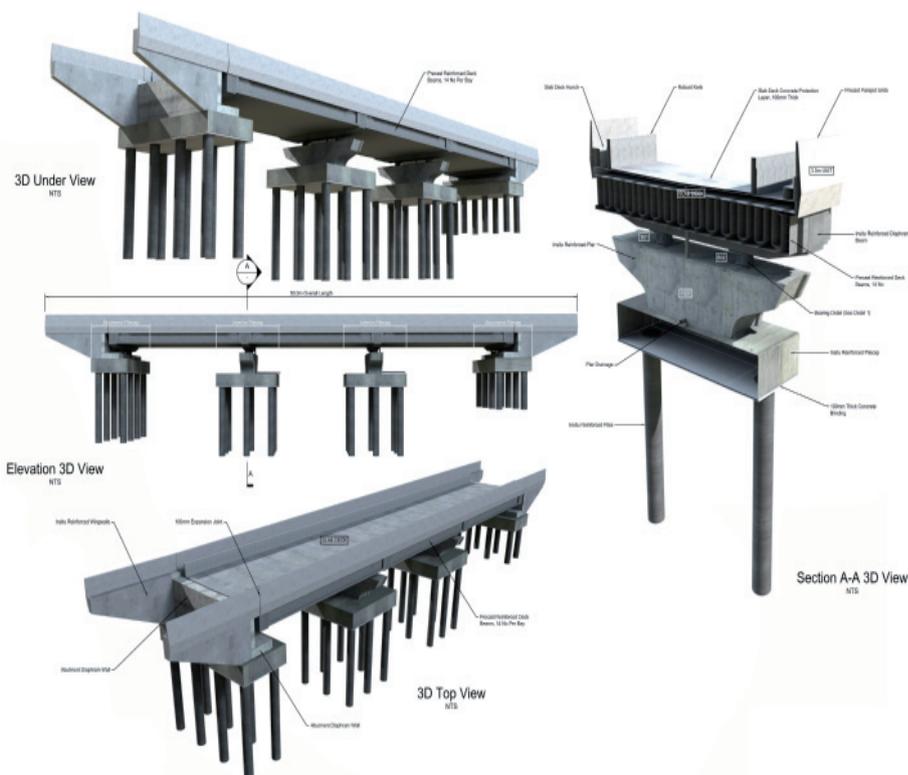
**Совершенствование экономической инфраструктуры с помощью цифровых двойников**

CCCC Water Transportation Consultants Co. Ltd. (WTC)  
 Проект автоматической контейнерной площадки и корпуса SAPT в Пакистане  
 (г. Карачи, Синд, Пакистан)



**Повышение качества цифровых рабочих процессов с помощью цифровых двойников**

Mott MacDonald / Systra Designers совместно с Balfour Beatty / Vinci Joint Venture  
 Гражданско-правовой контракт на основные работы на высокоскоростных двухсекторных трассах N1 и N2  
 (г. Бирмингем, северный район страны, Великобритания)



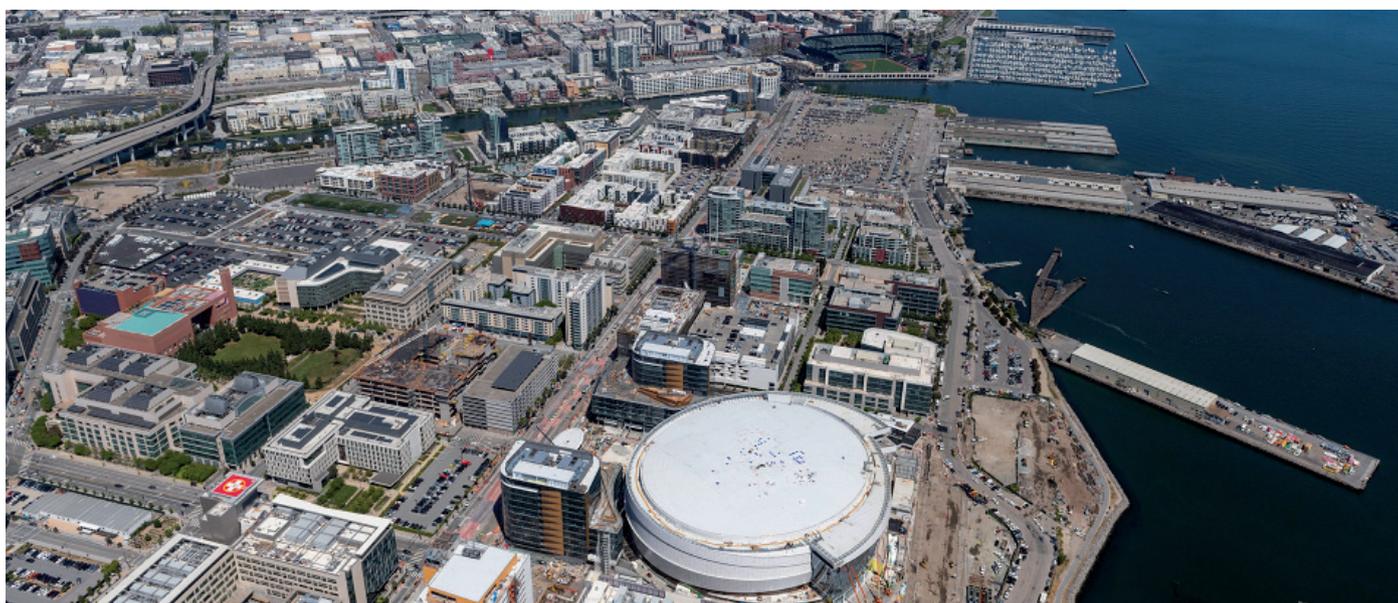
## ➤ ПОБЕДИТЕЛИ В НОМИНАЦИИ "ЗА УСПЕХИ В ПЕРЕХОДЕ НА ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ" НА КОНКУРСЕ "ГОД В ИНФРАСТРУКТУРЕ 2019"

### 4D-моделирование в строительстве

Mortenson, Clark – совместное предприятие

Создание многофункционального офиса и магазина для Chase Center и Warriors

(г. Сан-Франциско, Калифорния, США)



### Мосты

PT. Wijaya Karya (Persero), Tbk.

Проект разработки и строительства Harbour Road 2

(Северная Джакарта, Джакарта, Индонезия)





### Здания и кампусы

Voyants Solutions

Услуги детальной разработки, тендера и управления проектом для строительства 12 IT/Hi-Tech парков в Бангладеш

(Бангладеш)

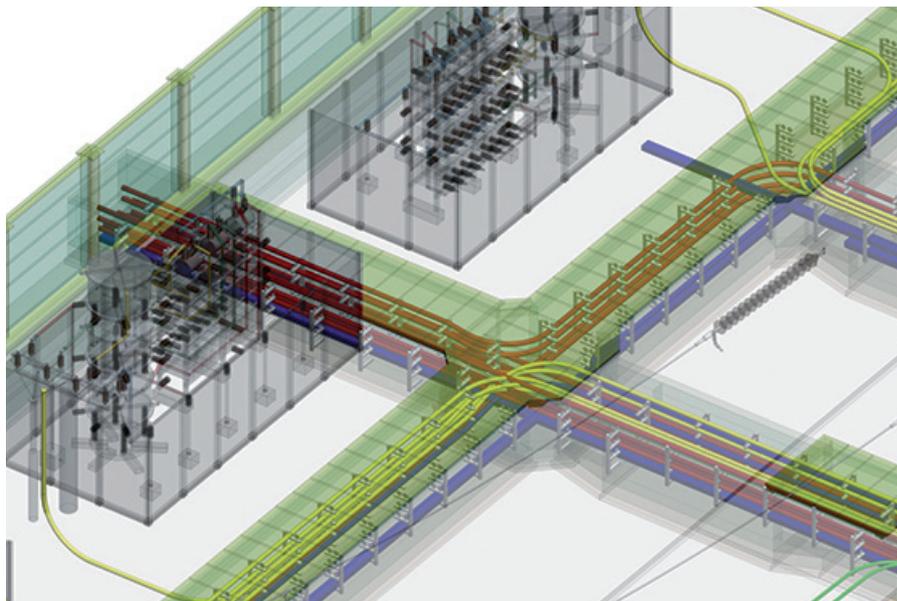


### Связь и коммунальное хозяйство

POWERCHINA Hubei Electric Engineering Co., Ltd.

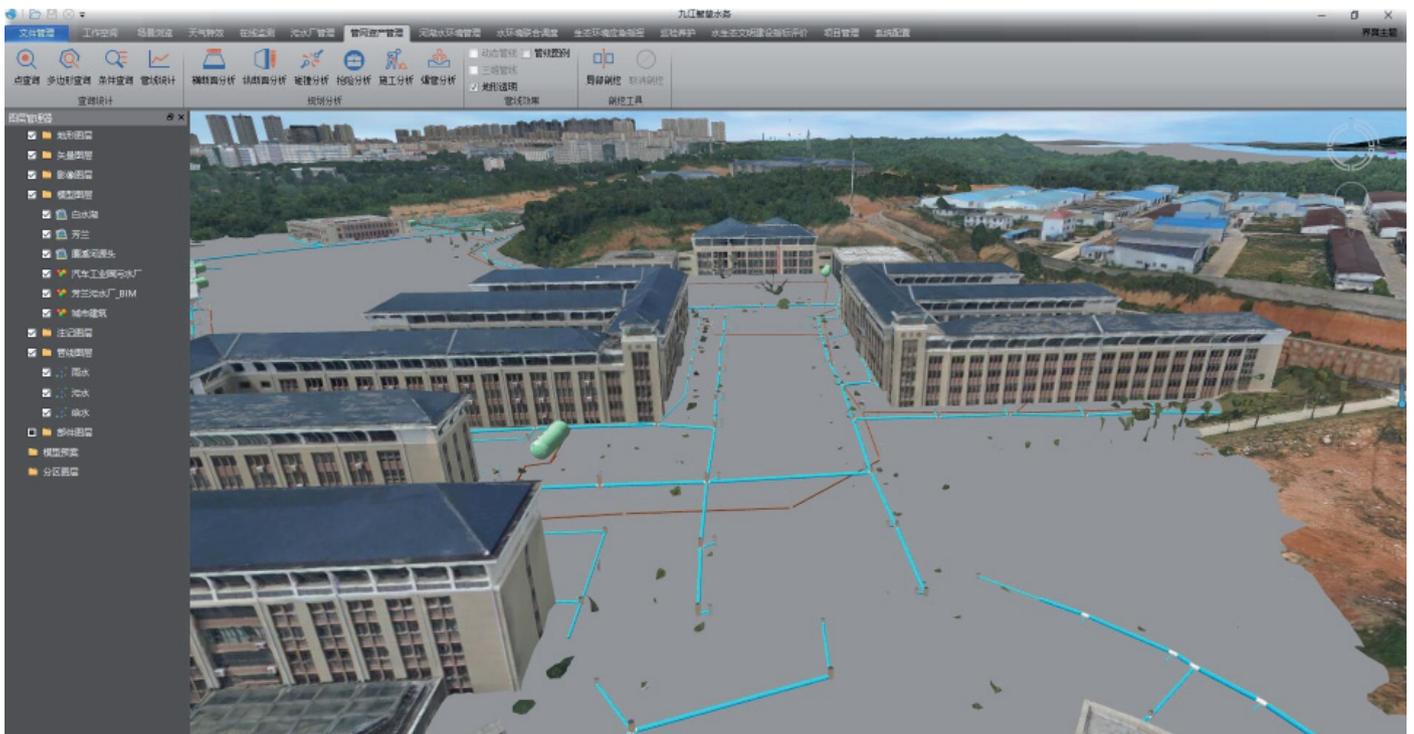
Применение технологии в проекте подстанции 220 кВ на западе г. Милуо

(г. Милуо, провинция Хунань, Китай)



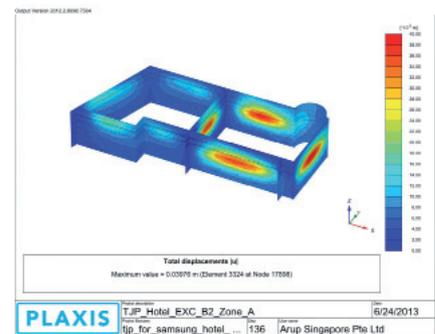
## Цифровые города

Shanghai Investigation, Design & Research Institute Co., Changjiang Ecological Environmental Protection Group Co.  
**Применение цифровых технологий в интеллектуальной платформе управления водоснабжением в Цзюцзяне**  
 (г. Цзюцзян, Цзянси, Китай)



## Геотехническое проектирование

ARUP Singapore Pte Ltd.  
**Смешанное строительство в Танджонг Пагар**  
 (Сингапур)





## Производство

Hatch

Проект завода по производству серной кислоты в ДРК  
(Катанга, Демократическая Республика Конго)

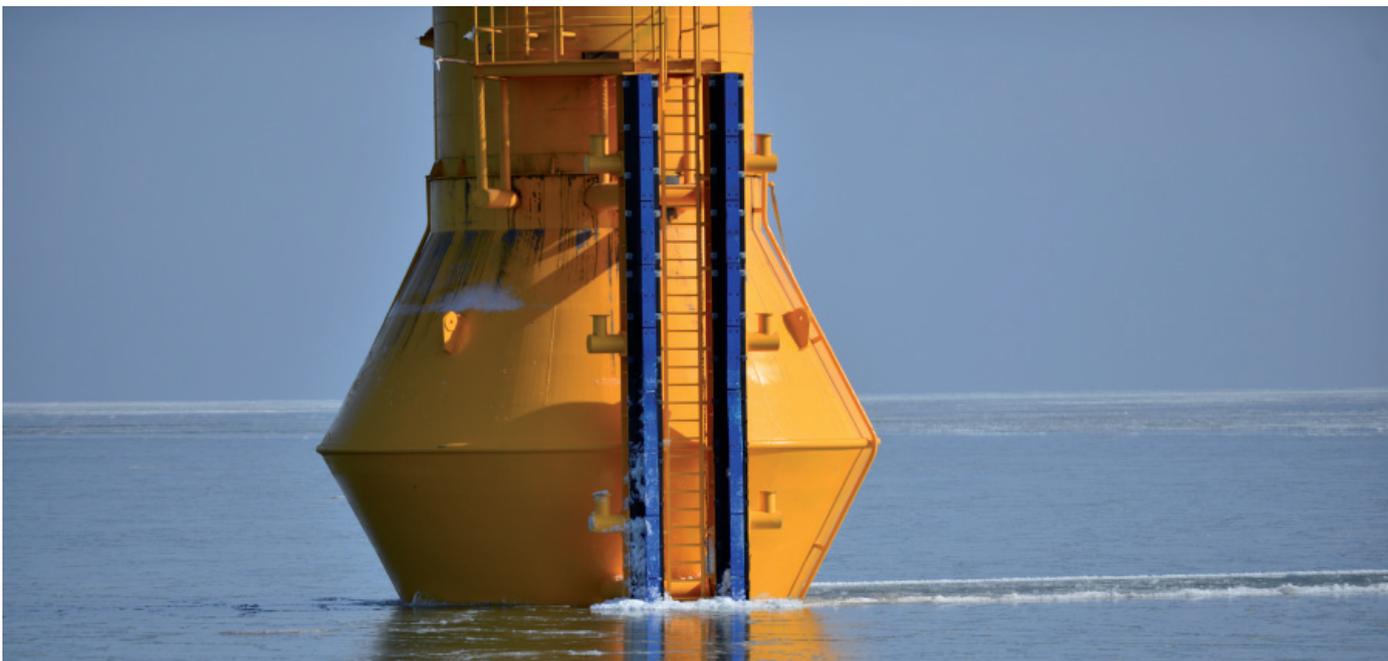


## Горная промышленность и освоение морских месторождений

Shanghai Investigation, Design & Research Institute Co., Ltd.

Проект новой морской ветряной электростанции Далянь Чжуанхэ III (300 МВт) компании  
China Three Gorges

(г. Далянь, Ляонин, Китай)



## Производство электроэнергии

Hunan Hydro & Power Design Institute

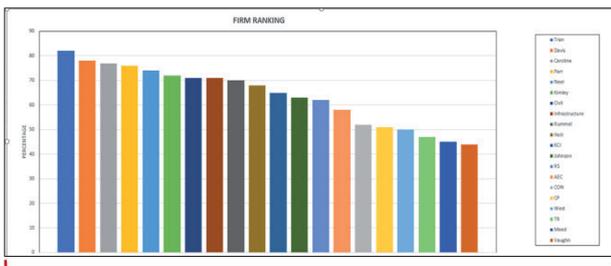
Инженерный проект транспортного узла Nanjiang Yakou  
(Ичэн, Хубэй, Китай)



## Реализация проектов

Министерство транспорта штата Южная Каролина (SCDOT)

Непрерывный обмен информацией и интеграция на различных платформах с помощью ProjectWise  
(г. Колумбия, Южная Каролина, США)



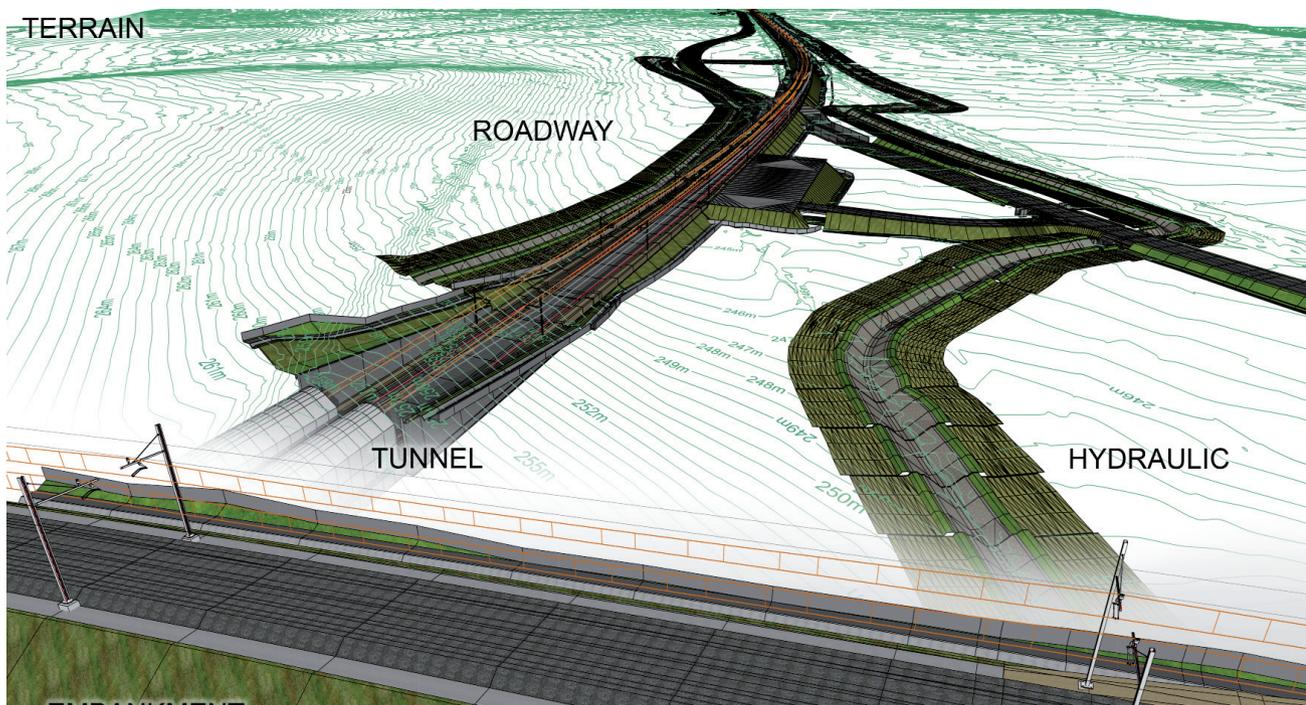
SCDOT PROFESSIONAL SERVICES CONTRACTING OFFICE												
5-246-19 5-458 on Cherokee Cr & 5-671 on Corner Cr Br Replace												
RANKING	FIRM RANKINGS Ranked in Order by Firm Name	TOTAL SCORE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CONSULTANT FIRM		PERCENTAGE	30%	30%	20%	15%	10%	CRITERIA				
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	Tran	82	27.00	24.00	18.50	10.31	4.00					
2	Carol	78	26.63	24.75	17.00	12.00	4.00					
3	Carolina	77	23.63	22.88	16.50	10.50	3.81					
4	Pam	76	20.25	24.38	15.50	11.74	4.25					
5	Nev	74	21.39	23.25	14.75	10.84	4.19					
6	Kinlay	72	21.60	21.38	14.75	10.95	3.68					
7	Civ	71	19.88	24.38	16.25	6.75	3.56					
8	Infrastructure	71	21.38	21.00	14.75	10.20	3.75					
9	Plumel	70	23.68	20.25	15.00	3.56	3.06					
10	H&K	68	23.40	19.50	14.75	6.75	3.38					
11	PCI	65	15.38	23.63	15.00	7.13	3.44					
12	Johnson	63	19.05	21.00	14.50	5.63	3.05					
13	RS	62	18.75	21.38	10.00	8.06	3.61					
14	AEC	58	24.75	12.75	8.50	11.66	3.63					
15	CCR	52	19.50	11.25	7.50	10.63	2.94					
16	CP	51	16.75	16.66	3.00	6.94	2.25					
17	H&P	50	15.50	12.75	8.50	8.13	3.13					
18	YB	47	17.25	11.25	8.00	7.50	2.63					
19	Mead	45	8.25	10.13	12.50	11.03	2.81					
20	Vantage	44	8.25	10.50	15.00	3.50	3.31					



**Железные дороги и транзитные перевозки**

Italferr S.p.A

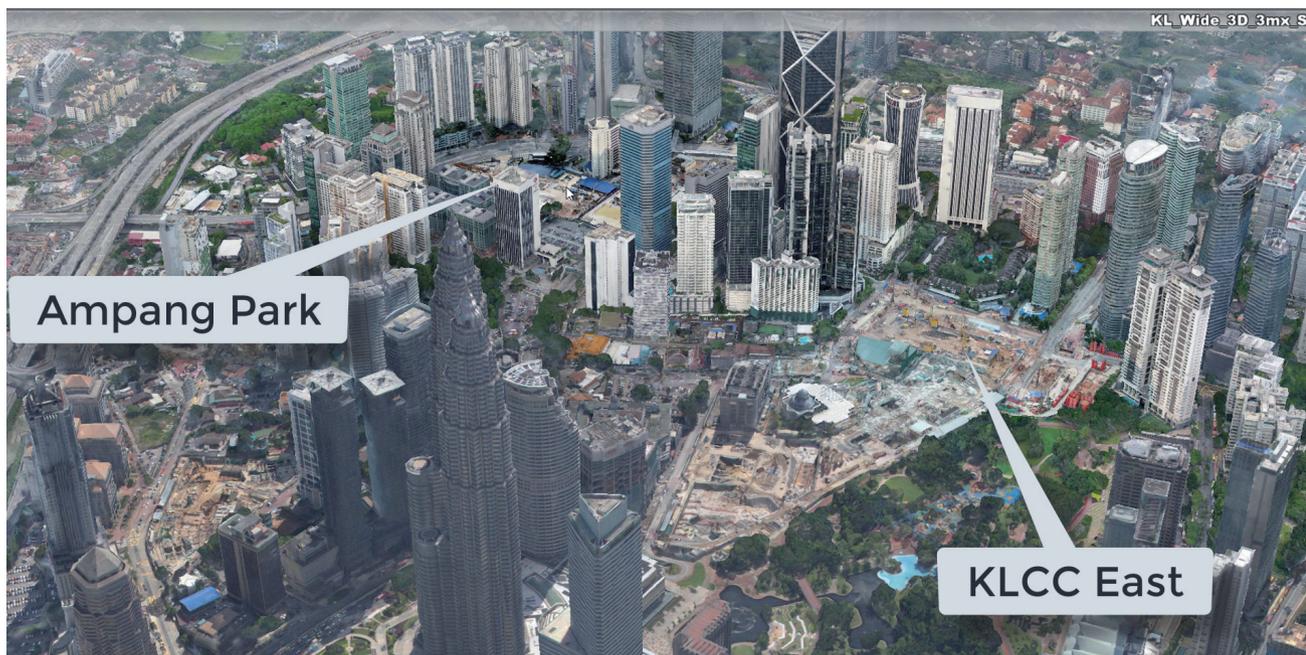
Высокоскоростная/высокоемкая железная дорога в Южной Италии, маршрут Неаполь-Бари  
(Неаполь-Бари, Кампания-Апулия, Италия)



**Моделирование реальности**

MMC Gamuda KVMRT (T) Sdn Bhd

Съемка с помощью дронов для сбора данных ВМ и ГИС – мегапроект метро в Малайзии  
(г. Куала-Лумпур, Малайзия)



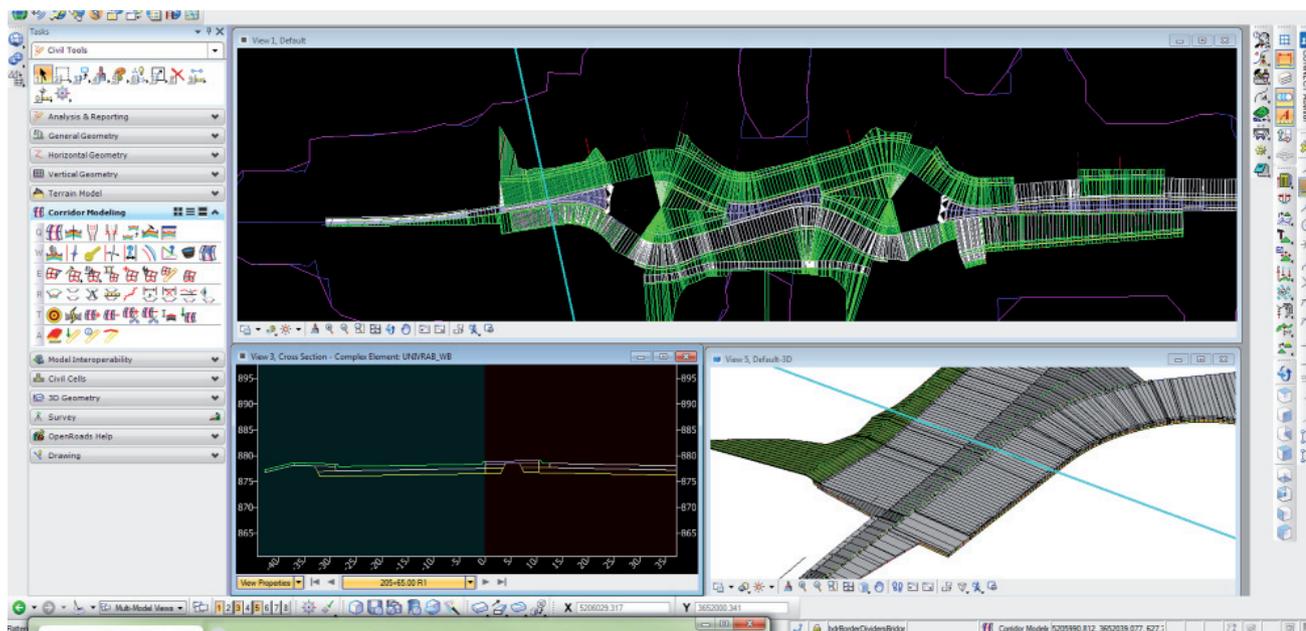
## Управление объектами дорожной и железнодорожной инфраструктуры

Lebuhraya Borneo Utara Sdn Bhd  
**Автоматгистраль Пан Борнео**  
 (Саравак, Малайзия)



## Дороги и автомагистрали

Foth Infrastructure & Environment, LLC  
**Компания Foth трансформирует, объединяет и возрождает Сидар-Фолс, трассу в штате Айова**  
 (г. Сидар-Фолс, Айова, США)



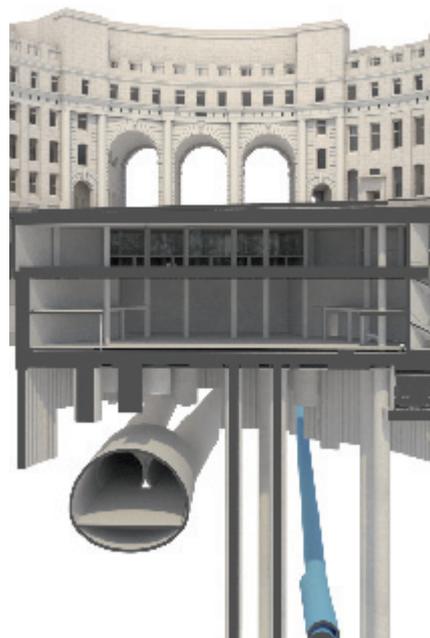
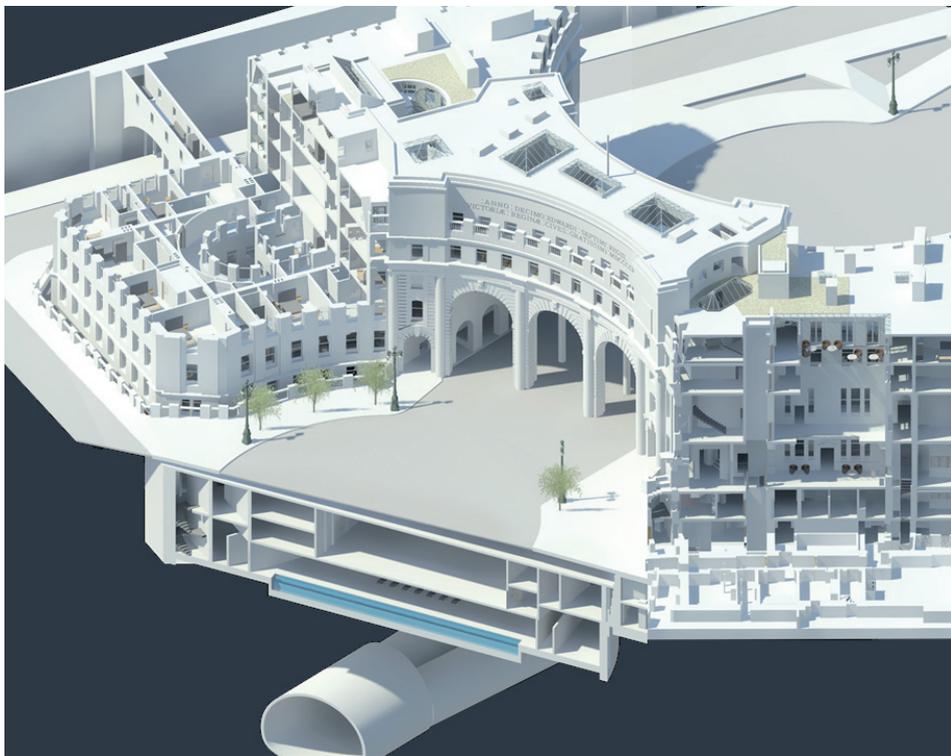


**Проектирование сооружений**

WSP

WSP создает оптимизированную конструкцию для сложного фундамента под знаменитой Адмиралтейской аркой

(г. Лондон, Великобритания)

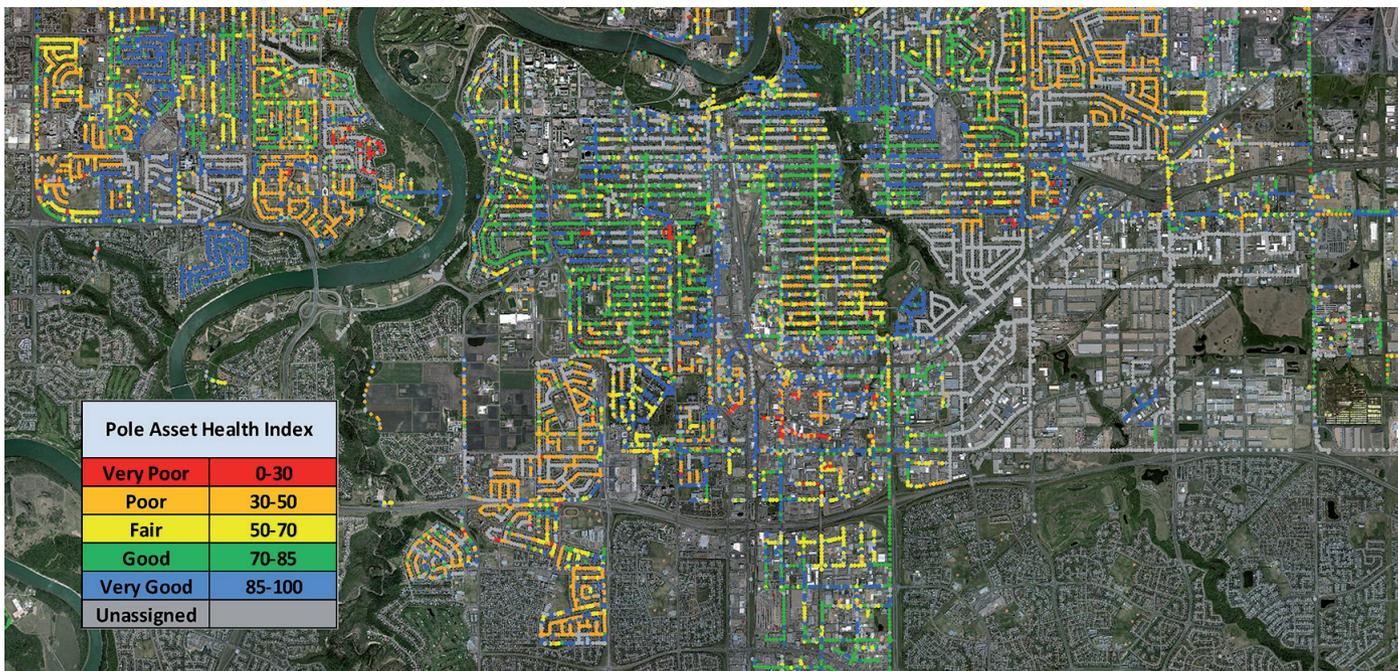


**Управление промышленными объектами и объектами коммунального хозяйства**

EPCOR Utilities

Внедрение управления активами на основе рисков для распределения электроэнергии

(г. Эдмонтон, Альберта, Канада)

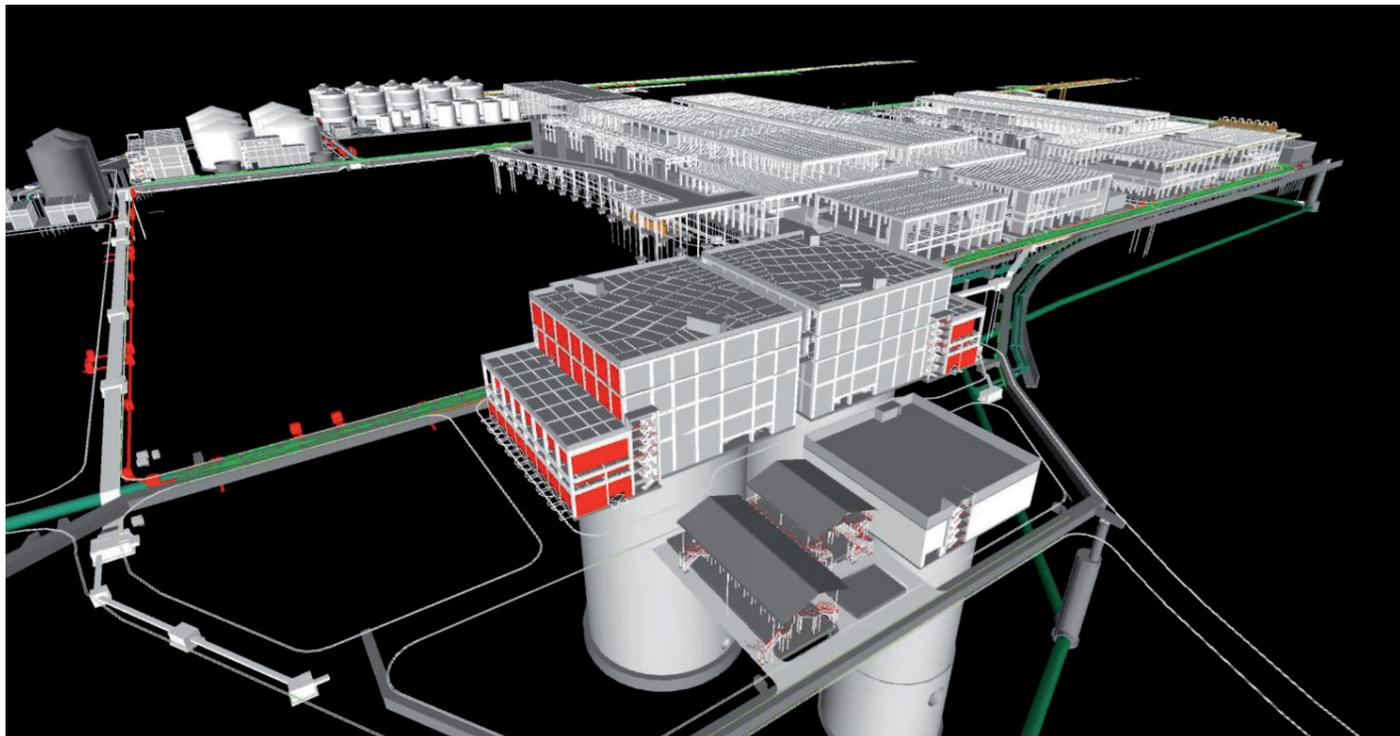


## Водоочистные сооружения и станции очистки сточных вод

Jacobs Engineering Group and Singapore's National Water Agency, PUB

Водоочистная станция Tuas

(Сингапур)



## Водопроводные, водоочистные и дренажные сети

Balfour Beatty, Morgan Sindall, BAM Nuttall Joint Venture

Thames Tideway Tunnel (туннель по руслу реки Темза)

(г. Лондон, Великобритания)





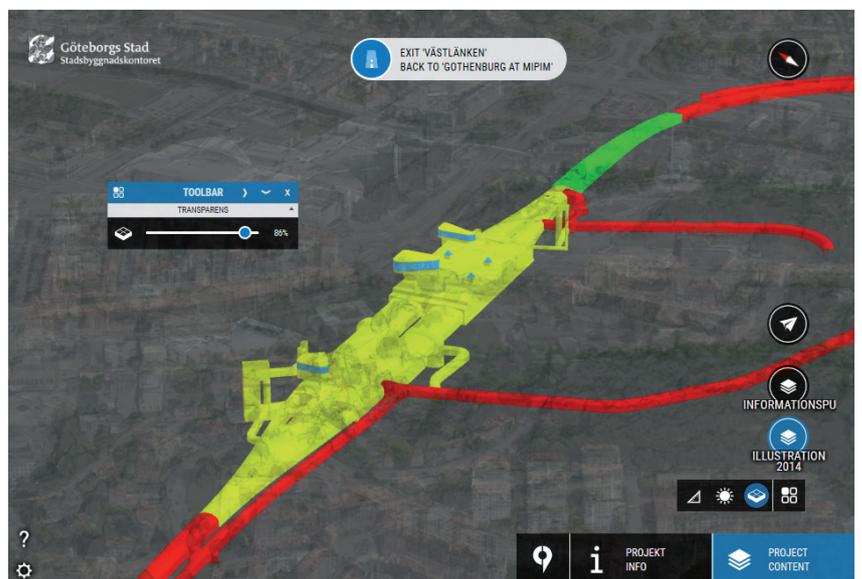
## ➤ ГЕТЕБОРГ: 3D-МОДЕЛЬ ГОРОДА ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ОБСУЖДЕНИЯ

### Проект

Гетеборг — второй по величине город Швеции, население которого (вместе с пригородами) составляет около 1 миллиона жителей. Город быстро развивается, и к 2035 году прогнозируется увеличение его населения на 150 000 человек, что потребует строительства 80 000 новых домов и офисов. Доступ горожан к актуальной информации уже на ранних этапах планирования является важнейшим условием, позволяющим избежать недопонимания и претензий, которые могут привести к задержкам реализации проекта. Кроме того, необходимо обеспечить приток инвестиций в регион.

### Решение

Администрация Гетеборга быстро осознала важность использования цифрово-





го двойника для привлечения жителей к процессу планирования. С помощью ПО ContextCapture была создана полная 3D-модель территории города для визуализации городского планирования. В качестве платформы для моделирования и обсуждения применяется ПО OpenCities Planner, позволяющее отправлять трехмерные визуализации проектов жителям Гетеборга и другим заинтересованным сторонам. Кроме того, это программное обеспечение используется и для презентации концепции "Гетеборг 2035" потенциальным инвесторам.

### Результат

Гетеборг занял второе место в мировом рейтинге "умных" городов, составленном Future Today Institute в 2019 году. Одним из критериев для получения этого звания является устойчивое развитие, долгосрочное городское планирование и обеспечение общего доступа к государственным данным. Активное присутствие в интернете привлекает молодых людей, чье мнение также учитывается. Возраст людей, отправляющих предложения и принимающих участие в дискуссиях, составляет от 18 до 78 лет, что свидетельствует об охвате гораздо более широкой аудитории по сравнению с традиционными методами. Некоторые проекты, такие как "Västlänken", проект тоннеля

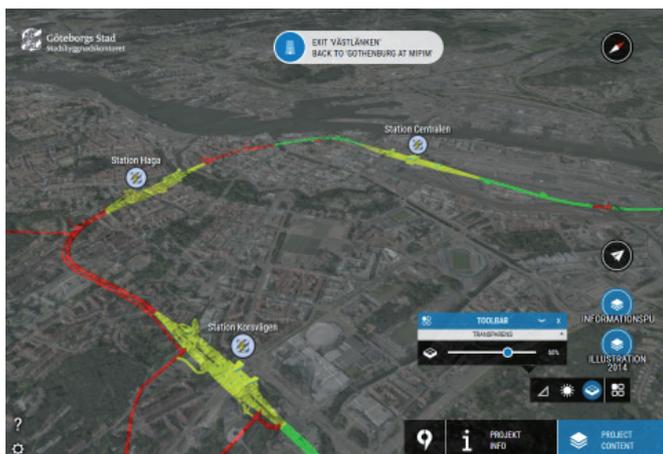
в центре Гетеборга, привлекают к онлайн-дискуссиям тысячи посетителей. Чтобы еще активнее стимулировать разработку приложений для "умного" города и обеспечить полную прозрачность данных, администрация Гетеборга решила сделать модель ContextCapture открытой.

### Программное обеспечение

Для создания цифрового двойника использовалось ПО ContextCapture, которое позволило сгенерировать точную цифровую 3D-модель реальности. Затем с помощью OpenCities Planner был обеспечен доступ к проектам городского планирования в 3D посредством потоковой трансляции в интернете как на стационарные, так и на мобильные устройства. Отметим, что в автономном режиме это программное обеспечение применялось также для презентаций и выставок.

**ПО, используемое в проекте:**  
OpenCities Planner, ContextCapture.

*По материалам  
компании Bentley Systems*



Наш портал MinStad и ПО Bentley OpenCities Planner помогают улучшить взаимодействие с гражданами и привлечь их к активному участию в развитии Гетеборга»

*Эрик Йенссон,  
специалист по геоданным,  
отдел городского  
планирования Гетеборга*

### Результат/Факты

- Этот проект позволил значительно повысить вовлеченность граждан в процесс городского развития.
- Наблюдается рост интереса к проектам со стороны общества и средств массовой информации.



## napoBIM: ВОЗМОЖНОСТИ napoCAD КОНСТРУКТОРСКИЙ BIM НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТДЕЛЬНО СТОЯЩЕГО ФУНДАМЕНТА

### Вступление

Не так давно компания "Нанософт" представила продолжение линейки продуктов для создания информационных моделей – napoCAD Конструкторский BIM. Как понятно из названия программы, ее назначение – разработка раздела конструктивных решений (КР, КЖ, КЖИ, КМ, КМД). Чтобы оценить возможности программы, я выбрал один из наиболее простых и распространенных строительных элементов: отдельно стоящий фундамент на естественном основании под трубопроводную эстакаду на площадке промышленного объекта.

### Знакомство с программой

napoCAD Конструкторский BIM является надстройкой к платформе napoCAD, и весь дополнительный инструментарий помещается на одной вкладке меню (рис. 1).

Применение BIM-программы на базе единой платформы дает сразу несколько преимуществ. Во-первых, освоение про-

граммы происходит проще и спокойнее: часть интерфейса уже знакома и не вызывает никакого отторжения даже на начальном этапе. Во-вторых, обеспечивается полная преемственность базовых функций. Стандартные функции (перемещение, копирование, массив и т.д.) выполняются нажатием тех же кнопок, теми же самыми горячими клавишами и работают аналогично двумерному napoCAD. А в условиях острого цейтнота какие-то мелкие правки в модели и чертежах всегда можно временно сделать стандартными графическими инструментами (отрезками, полилиниями и т.д.). В-третьих, единство платформы позволяет без потери данных обмениваться моделями со смежными специальностями.

В программу включена база типовых узлов и готовых решений. Разработчики наполнили ее множеством объектов самого разного назначения. Содержание библиотеки выглядит несколько хаотичным и, видимо, предназначено для

демонстрации широких возможностей платформы. Учитывая, что в базу попали даже столы для раздачи (рис. 2), вполне логично, что в ней оказался и подходящий отдельно стоящий фун-



Рис. 1. Панель инструментов

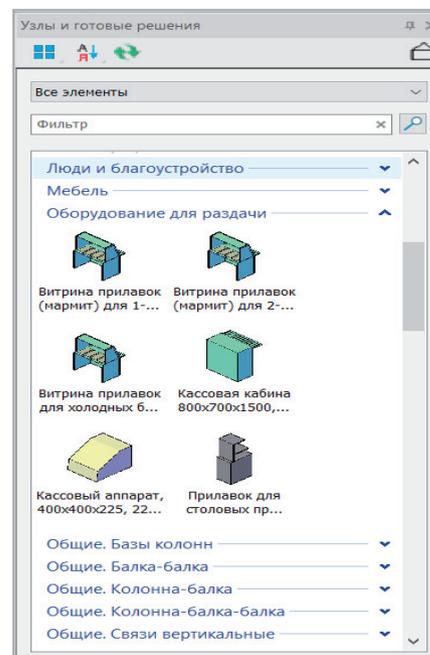


Рис. 2. Библиотека узлов и готовых решений и оборудование для раздачи в ней

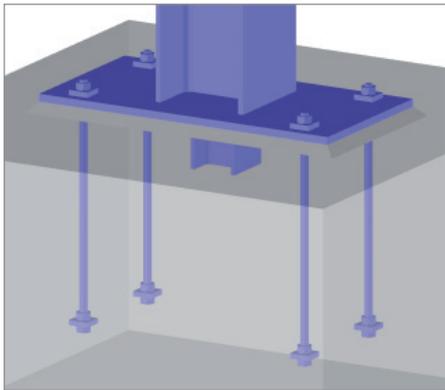


Рис. 3. Пример базы со сдвиговым упором

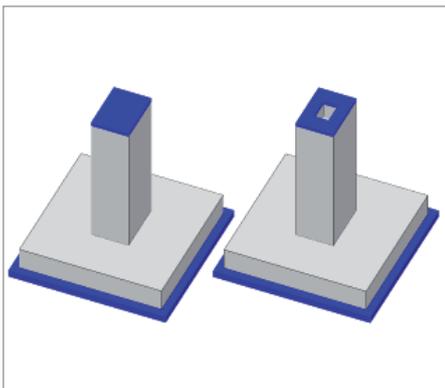


Рис. 4. Фундамент до и после правки

дамент со всеми необходимыми параметрами.

Правда, библиотечный фундамент все же пришлось немного редактировать. В проекте на фундаменты передаются значительные горизонтальные нагрузки, для восприятия которых в базах колонн предусмотрены сдвиговые упоры (рис. 3). Под упоры в фундаментах вы-

полняются ниши. В стандартном семействе ниша отсутствовала, поэтому она была добавлена средствами редактора параметрических элементов с помощью небольшого параллелепипеда, вырезающего нужный объем из подколонника (рис. 4).

Вставленный параметрический объект имеет стандартные свойства объекта чертежа, такие же как, например, отрезок. Для открытия меню и редактирования свойств объекта приходится нажимать на достаточно маленькую кнопку (рис. 5), попасть по которой не всегда удается с первого раза. Было бы намного удобнее, если бы меню редактирования параметрических объектов вызывалось двойным кликом.

Еще одним недочетом меню редактирования параметрических объектов является отсутствие кнопки *Применить*. Поменяв те или иные свойства объекта (например размеры) и желая увидеть их изменение в модели, нужно нажать *ОК*; при этом окно свойств объекта закрывается.

Фундаментные болты также включены в библиотеку параметрических объектов (рис. 6), однако возможность их применения в проекте оказалась под сомнением. Во-первых, в исходном проекте был предусмотрен болт типа 2.1, а его в библиотеке не оказалось. Во-вторых, крайне низка детализация объектов: почему-то изогнутый болт (тип 1.1) и конический распорный (тип 6.1) смоделированы просто цилиндром без отображения реальной геометрии. Возможно, отсутствие гаек, шайб и прочих деталей — это экономия ресурсов компьютера при по-

строении модели. Но одна из главных целей информационных моделей — упрощение анализа конструктивных решений благодаря визуализации информации, а тут остается непонятным, как при проверке с первого взгляда отличить гнутый болт от распорного.

### Создание параметрических объектов

Отсутствие нужного типа болта в библиотеке, а также низкая детализация включенных в нее анкеров заставили поближе познакомиться с редактором объектов.

Нужный для проекта тип болта (рис. 7) был создан со средним уровнем детализации (например, гайки смоделированы маленькими цилиндрами, а не шестиугольниками), но его визуальное представление сразу дает понять, какой тип болта применен в проекте. Кроме того, у фундаментного болта изменена точка вставки по умолчанию, новый компонент привязывается к точке поверхности железобетона и дает возможность независимо друг от друга редактировать длину выпуска и длину заделки. Функционал редактора параметрических объектов позволяет в будущем создать сортмент болтов по ГОСТ 24379.1-2012 с учетом стандартных длин шпилек и автоматическим подбором размеров шайб, гаек и анкерных плит в зависимости от диаметра фундаментного болта.

Опыт создания достаточно простого компонента модели оставил приятное впечатление о редакторе параметрических объектов. Возможно, именно он может дать новой разработке преимуще-

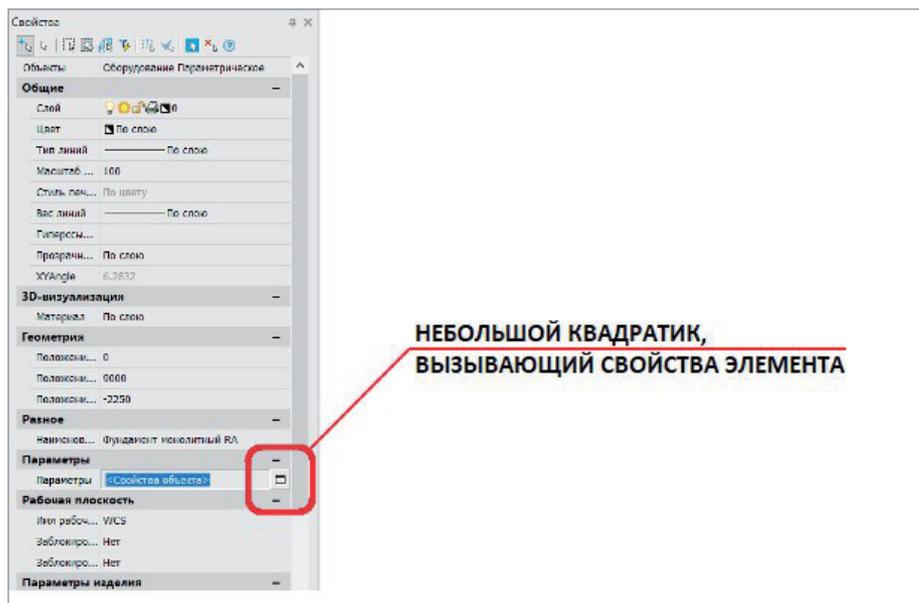


Рис. 5. Свойства параметрического объекта

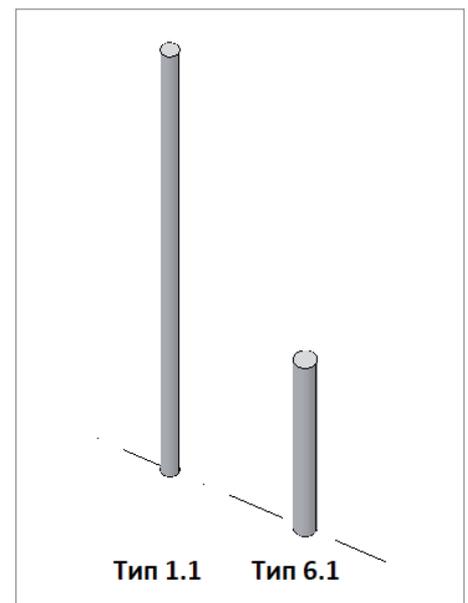


Рис. 6. Фундаментные болты из библиотеки объектов

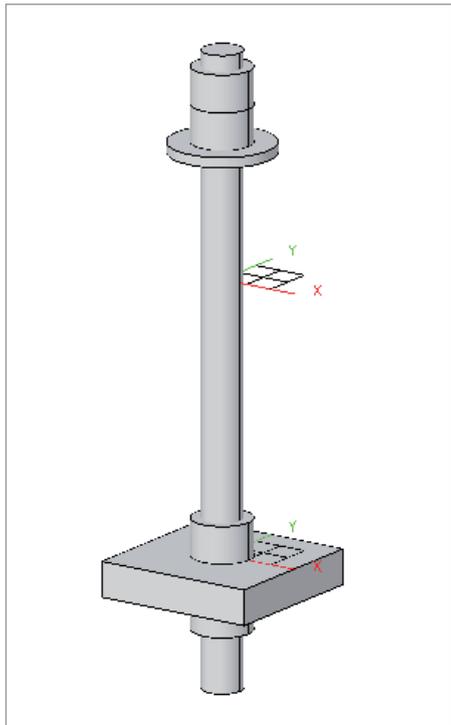


Рис. 7. Созданный параметрический объект болта

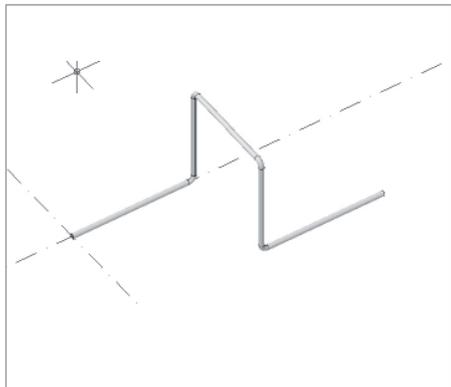


Рис. 8. Арматурный стержень, изогнутый в двух плоскостях

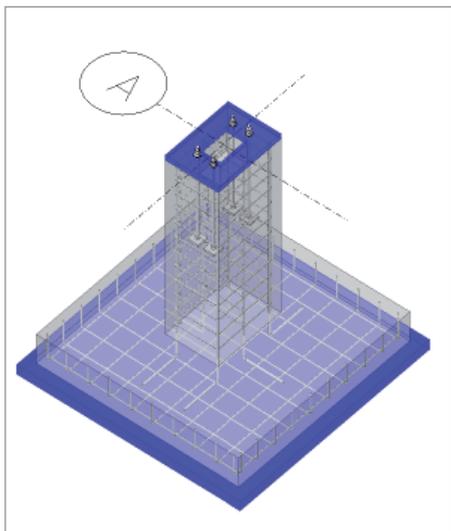


Рис. 9. Модель отдельно стоящего фундамента, созданная в папоCAD Конструкторский BIM

ство перед множеством конкурентов на рынке строительных программ. Конструкторский BIM предлагает намного более мощный и гибкий инструментарий создания своих объектов, нежели другие BIM-программы. Пользователь может свободно увязывать между собой параметры с помощью любых формул и логических проверок, как в Excel, без нелогичных ограничений со стороны программы (например, можно проводить вычисления с переменными, имеющими разные единицы измерения). При этом редактор объектов прост и интуитивно понятен.

Есть пока и недоработки. Несколько огорчило отсутствие возможности включения и параметризации арматурных стержней в библиотечный объект. Хочется надеяться, что в следующем релизе разработчики дополнят функционал.

### Армирование железобетонных конструкций

Несколько слов об армировании. Стержни являются независимыми самостоятельными объектами модели и никак не связаны с железобетонными элементами, в которых они расположены. В принципе, они могут располагаться и вне объектов. Такой подход имеет право на существование, если стержни можно будет объединять в пользовательские объекты для ускорения работы и унификации решений, но на данный момент такой функционал не реализован. Каждый стержень в проекте живет сам по себе. А теперь небольшой шок для любителей Autodesk Revit: арматура, гнутая в двух плоскостях (лягушка) и созданная встроенным инструментом арматурного стержня, а не семейством-костылем (рис. 8).

Продольные стержни были начерчены и размножены вручную. Много времени это не заняло, однако при выполнении армирования хотелось бы иметь возможность автоматизировать процесс, о чем уже сказано выше. Инструмент для создания хомутов позволяет быстро создавать поперечные стержни, выбирая продольные стержни с соблюдением конструктивных требований по радиусамгиба. В результате была получена очень простая модель отдельно стоящего фундамента (рис. 9). Наиболее затратным по времени оказалось создание фундаментного болта.

Дальше ради проверки производительности системы фундамент был многократно скопирован вместе с арматурой. На достаточно слабом ноутбуке, предна-

значенном для домашнего пользования, торможения стали наблюдаться довольно скоро, при наличии на экране около 6000 объектов. Отдаление/приближение стало провисать, а выделение — требовать некоторого времени на отрисовку. При этом, по данным диспетчера задач, оперативная память почти не использовалась, нагрузка ложилась на видеопроцессор. Для небольших проектов этого может быть вполне достаточно, а вот большие объекты, скорее всего, придется делить на мелкие модели.

### Заключение

папоCAD Конструкторский BIM производит приятное впечатление, во многом благодаря удобному интерфейсу и интуитивному процессу построения модели. Быстрому освоению программы способствует достаточно подробный видеокурс, подготовленный ее разработчиками. Однако для полноты картины не хватает пары видеоуроков по созданию чертежей и спецификаций на основе построенной модели. Не стоит забывать, что главной информацией, за которую платит заказчик, являются именно чертежи, а не модель сама по себе.

Для людей, имеющих опыт работы в Tekla Structures, очевидно, что во многих вопросах папоCAD Конструкторский BIM ориентируется именно на нее как на лидера отрасли.

Функциональные возможности программы пока несколько недоработаны — видимо, разработчики ожидают реакции пользователей и их пожеланий. Но уже текущая версия позволяет создавать модели и чертежи, в том числе для рабочей документации.

Несмотря на большой объем вложенного в нее труда, библиотека готовых узлов и объектов наполнена скорее заготовками для проектирования, а не объектами, полностью готовыми к использованию. Разработчиками положено хорошее начало, и при должном развитии уже в обозримом будущем папоCAD Конструкторский BIM может стать отличной заменой дорогостоящей Tekla, причем со средой, изначально настроенной под российские нормы.



**Александр Рыков,**  
инженер-конструктор  
E-mail: [agryzhoff@gmail.com](mailto:agryzhoff@gmail.com)



## ➤ SCAD Office 21.1.9.5: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

**И**нтегрированная система прочностного анализа и проектирования конструкций SCAD Office (рис. 1) включает высокопроизводительный вычислительный комплекс SCAD++, позволяющий решать методом конечных элементов задачи любой размерности, и проектирующие программы, которые комплексно решают вопросы расчета и проектирования несущих строительных конструкций во взаимодействии с чертежно-графическими редакторами и BIM-системами. Библиотека SCAD++ API и возможность создания пользовательских расширений на JScript предоставляются бесплатно, позволяя создавать пользовательские приложения и существенно расширить функциональные возможности программного комплекса. Порядка 40% объектов капитального строительства в России, Украине, Беларуси, Казахстане и других странах СНГ, а также в Прибалтике рассчитываются с использованием SCAD Office (рис. 2). Программный комплекс SCAD Office аттестован Экспертным советом по ат-

тестации программных средств при Федеральной службе Ростехнадзор (рис. 3), что допускает его использование при расчетах объектов атомной энергетики. Соответствие требованиям нормативных документов подтверждено сертификатом Центра сертификации программной продукции в строительстве.

В релизе 21.1.9.5 SCAD Office обновлена нормативная база с учетом изменений нормативных документов, а также введенных в действие новых норм. Реализован ряд новых функций и расчетов. Подробности о внесенных изменениях всегда можно узнать на сайте SCAD Soft по ссылке [www.scadsoft.com/changes\\_all](http://www.scadsoft.com/changes_all).

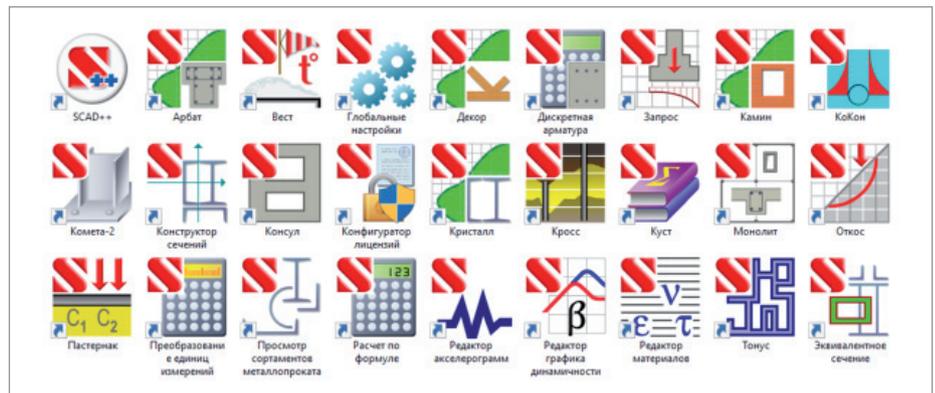


Рис. 1. Состав системы SCAD Office



Рис. 2. Пользователи SCAD Office



Рис. 3. Аттестационный паспорт Ростехнадзора и сертификат соответствия Росстандарта на SCAD Office



Страна	Шифр	Наименование
СССР	СНиП II-781*	Строительство в сейсмически районах
СНГ	Проект для СНГ	Строительство в сейсмически районах
Россия	СНиП II-781* (01.01.2009)	Строительство в сейсмически районах
Россия	СП 31-114-2004	Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмически районах
Россия	СП 14.13330.2011	Строительство в сейсмически районах (Актуализированная редакция СНиП II-781*)
Россия	СП 14.13330.2014	Строительство в сейсмически районах (Актуализированная редакция СНиП II-781*)
Россия	СП 14.13330.2018	Строительство в сейсмически районах (Актуализированная редакция СНиП II-781*)
Россия	СП 358.1325800.2017	Сооружения гидротехнические. Правила проектирования и строительства в сейсмически районах
Россия	МГСН 4.19.05	МГСН
Россия	НП-031-01	Нормы проектирования сейсмостойкости атомных станций
Украина	ДБН В.1.1-12:2006	Строительство в сейсмически районах (Украина)
Украина	ДБН В.1.1-12:2014	Строительство в сейсмически районах (Украина)
Казахстан	СНиП В.1.2-4-99	Строительство в сейсмически районах
Казахстан	СНиП РК 2.03-30-2006	Строительство в сейсмически районах
Казахстан	СП РК 2.03-30-2017	Строительство в сейсмически районах
Армения	СНРА II-2.02.94	Сейсмическая строительная норма республика Армения
Армения	СНРА II-6.02-2006	Сейсмическая строительная норма республика Армения
Азербайджан	АДТН 2.31	Государственные строительные нормы Азербайджанской Республики
Туркменистан	СНТ 2.01.08-99	Строительство в сейсмически районах Туркменистана
Туркменистан	СНТ 2.01.08-99*	Строительство в сейсмически районах Туркменистана
Узбекистан	КМК 2.01.03-96	Строительство в сейсмически районах Узбекистана
Кыргызия	СНиП КР 20.02.2009	Строительство в сейсмически районах Кыргызия
Таджикистан	СНиП РТ 22-07-2015/2018	Строительство в сейсмически районах Таджикистана
		Сейсмика по акселерограмме
		Сейсмика по акселерограмме (3 компонента)
		Сейсмика по акселерограмме (6 компонент)

Рис. 4. Сейсмические нормы, реализованные в SCAD++

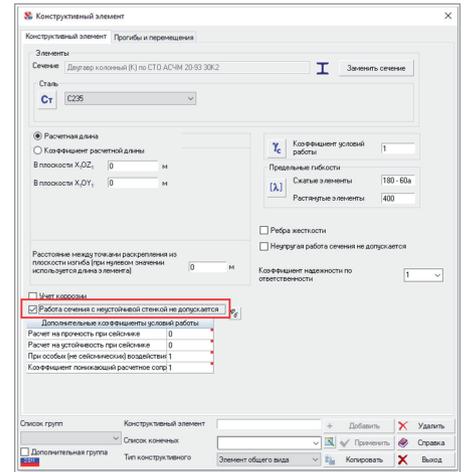


Рис. 6. Настройка учета редуцированной стенки в окне задания исходных данных конструктивной группы стального элемента (SCAD++)

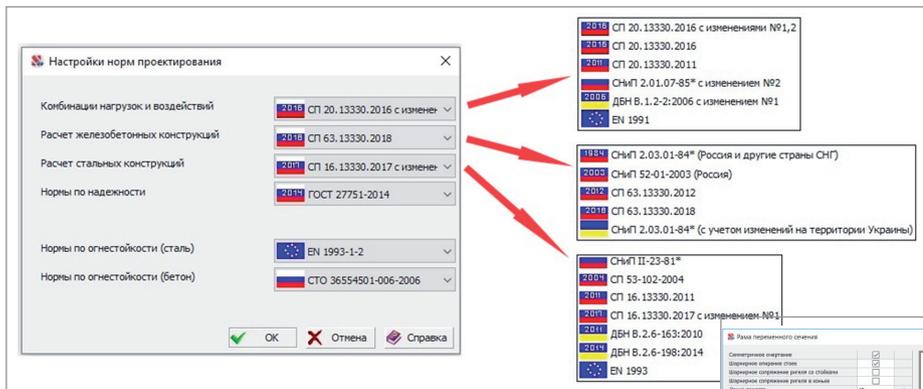


Рис. 5. Нормы, реализованные в SCAD++

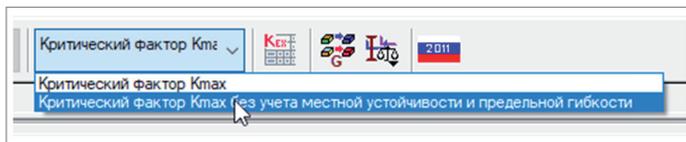


Рис. 7. Настройка вывода результатов расчета стальных элементов без учета местной устойчивости (SCAD++)

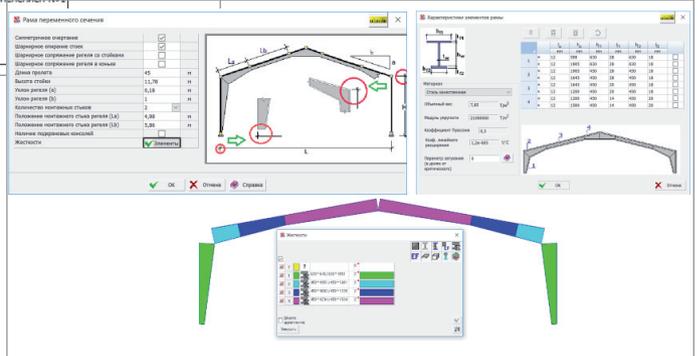


Рис. 8. Возможности моделирования рам переменного сечения (SCAD++)

**Новые нормы и изменения в нормах и соответствующие расчеты (рис. 4 и 5):**

- СП 14.13330.2018 (сейсмика, РФ);
- СП РК 2.03-30-2017\* (сейсмика с изменениями, Казахстан);
- ГНиП РТ 22-07-2015/2108 (сейсмика, Таджикистан);
- СП 358.1325800.2017 (сейсмика для гидротехнических сооружений, РФ);
- СП 63.13330.2018 (железобетонные конструкции, РФ);
- СТО 36554501-006-2006 (огнестойкость железобетонных конструкций, РФ);
- EN 1993-1-2:2005 (огнестойкость стальных конструкций, Eurocode);
- изменения №1 и 2 к СП 20.13330.2016 (нагрузки и воздействия, РФ);
- изменение №1 к СП 16.13330.2017 (стальные конструкции, РФ);
- изменение №1 к СП 64.13330.2011, а также изменения №1 и 2

- к СП 64.13330.2017 (деревянные конструкции, РФ);
- СП 296.1325800.2017 (особые воздействия, РФ);
- СП 385.1325800.2018 (прогрессирующее обрушение, РФ);
- СП 427.1325800.2018 (усиление каменных и армокаменных конструкций, РФ);
- изменение №2 к СП 24.13330.2011 (свайные фундаменты, РФ).

**Новые возможности по расчетам конструкций:**

- при расчете элементов стальных конструкций реализованы проверки местной устойчивости стенок и полков с учетом детального анализа нормальных напряжений в сечении;
- реализация расчета устойчивости с учетом редуцированной стенки согласно п. 7.3.6 и п. 9.4.6 СП 16.13330

- позволяет обосновывать более экономичные решения в проектах стальных конструкций (рис. 6);
- для предварительных расчетов в SCAD++ предусмотрена возможность выводить критический фактор без учета местной устойчивости и предельной гибкости (рис. 7);
- в SCAD++ реализован стержневой конечный элемент переменного сечения и прототип однопролетной рамы из сварных двутавров переменного сечения (рис. 8);
- поскольку в СП 16.13330 отсутствуют указания по расчету элементов переменного сечения, то при дроблении стержней переменного сечения предложена возможность произвести замену стержнями постоянного сечения и выполнить проверку такой модели на соответствие нормам, а так-

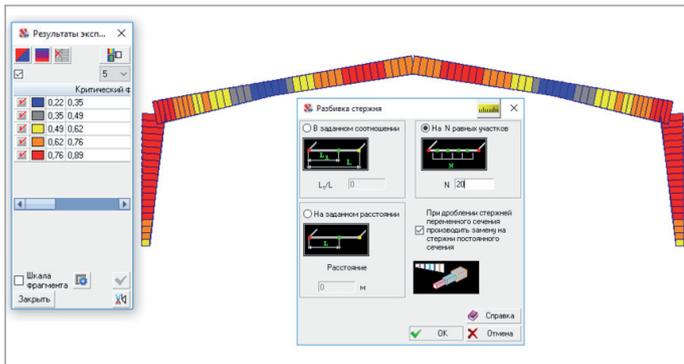


Рис. 9. Окно разбивки элементов переменного сечения и результаты проверки по СП 16.13330 (SCAD++)

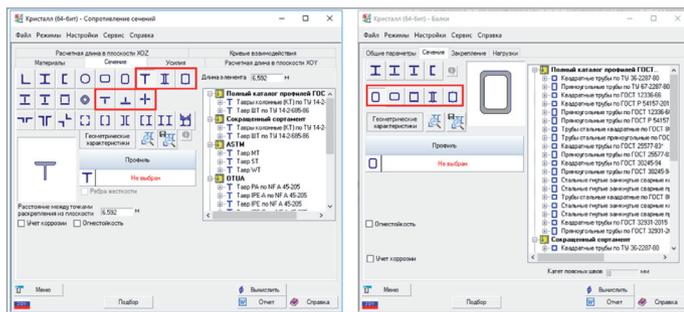


Рис. 10. Новые типы сечений в программе КРИСТАЛЛ

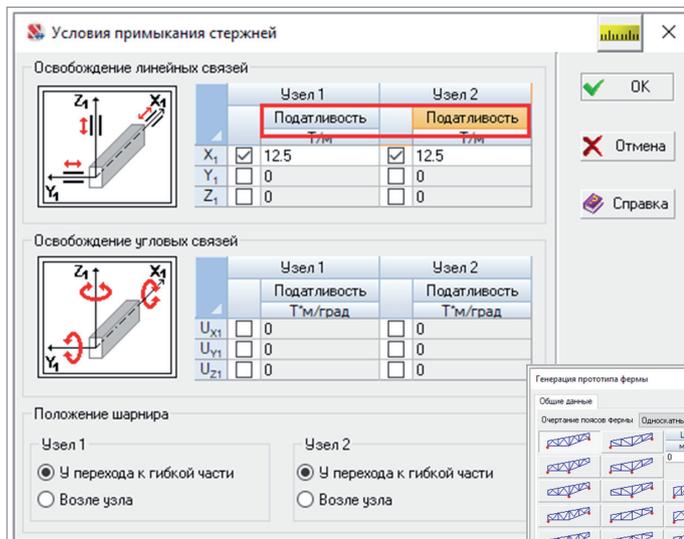


Рис. 11. Окно задания шарниров в стержнях (SCAD++)

Рис. 14. Прототипы ферм в SCAD++

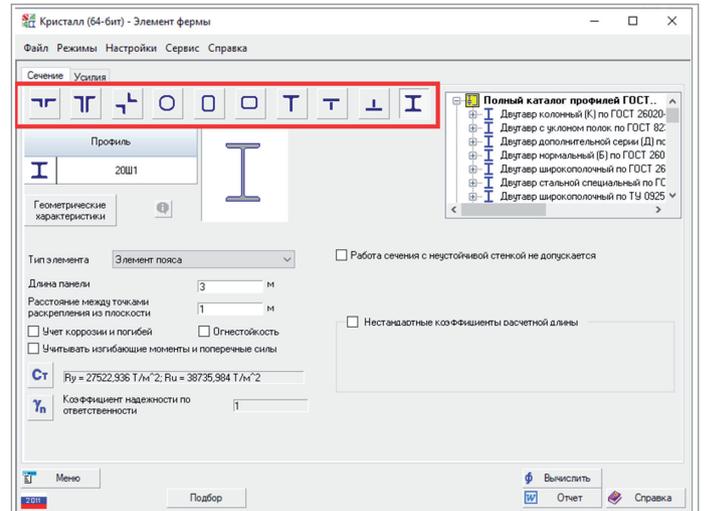


Рис. 12. Окно задания данных об элементах ферм в программе КРИСТАЛЛ

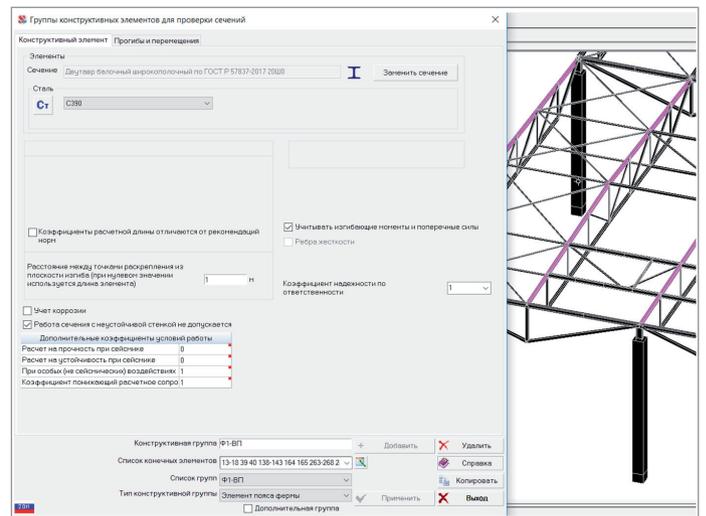
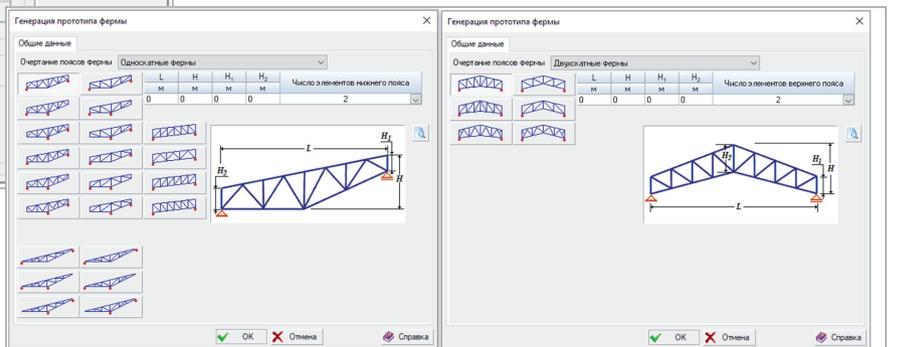


Рис. 13. Окно задания исходных данных в конструктивной группе стального элемента типа "Элемент пояса фермы" с учетом изгибающих моментов и поперечных сил (SCAD++)



же выполнять проверку элементов по СП 16.13330 с учетом рекомендаций, имеющихся в технической литературе (рис. 9);

- расширен набор типов сечений при проверках элементов стальных конструкций: прокатные и параметрические тавры, в режиме "Сопротивление сечений" программы КРИСТАЛЛ –

составные сечения из двух швеллеров (двутавр или короб), в режиме "Балка" и "Неразрезная балка" программы КРИСТАЛЛ – составные сечения из двух швеллеров (двутавр или короб), коробчатые прокатные и составные сечения (рис. 10);

- добавлена возможность задавать упругие шарниры (рис. 11);

- для элементов стальных ферм добавлена возможность использования прокатных и сварных тавров и прокатных двутавров (рис. 12);
- для элементов ферм добавлена возможность расчета с учетом изгибающих моментов и поперечных сил (рис. 13);
- расширен список прототипов ферм в SCAD++ (рис. 14);



Количество закреплений скатного пояса в пролете	Вид нагрузки в пролете	Эпюра M	Повс. к которому приложена нагрузка
Без закреплений	Сосредоточенная		Скатый
Без закреплений	Сосредоточенная		Растянутый
Без закреплений	Равномерно распределенная		Скатый
Без закреплений	Равномерно распределенная		Растянутый
Два и более, делящие пролет на равные части	Любая		Любой
Одно в середине	Сосредоточенная в середине		Любой
Одно в середине	Сосредоточенная в четверти		Скатый
Одно в середине	Сосредоточенная в четверти		Растянутый
Одно в середине	Равномерно распределенная		Скатый
Одно в середине	Равномерно распределенная		Растянутый
Без закреплений	Сосредоточенная на конце к консоли		Скатый
Без закреплений	Сосредоточенная на конце к консоли		Растянутый
Без закреплений	Равномерно распределенная		Растянутый

Рис. 15. Выбор правил расчета коэффициента  $\varphi_b$  при задании исходных данных в конструктивных группах стальных элементов (SCAD++)

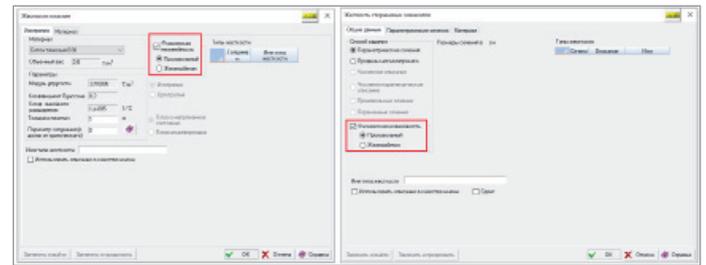


Рис. 16. Окна задания исходных данных о физической нелинейности (SCAD++)

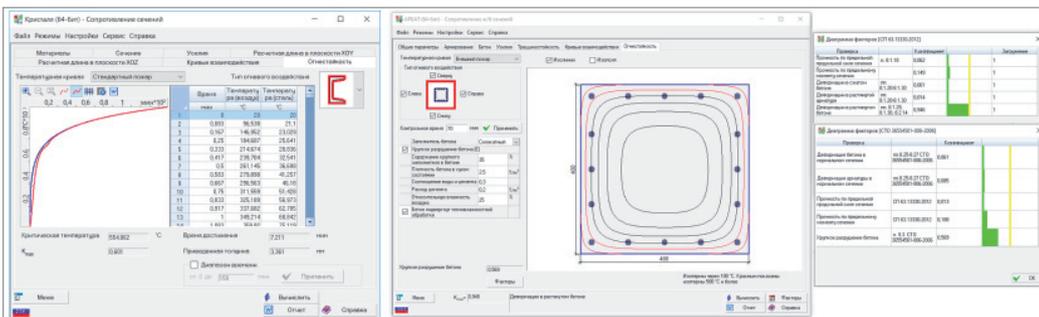


Рис. 17. Реализация расчета на огнестойкость

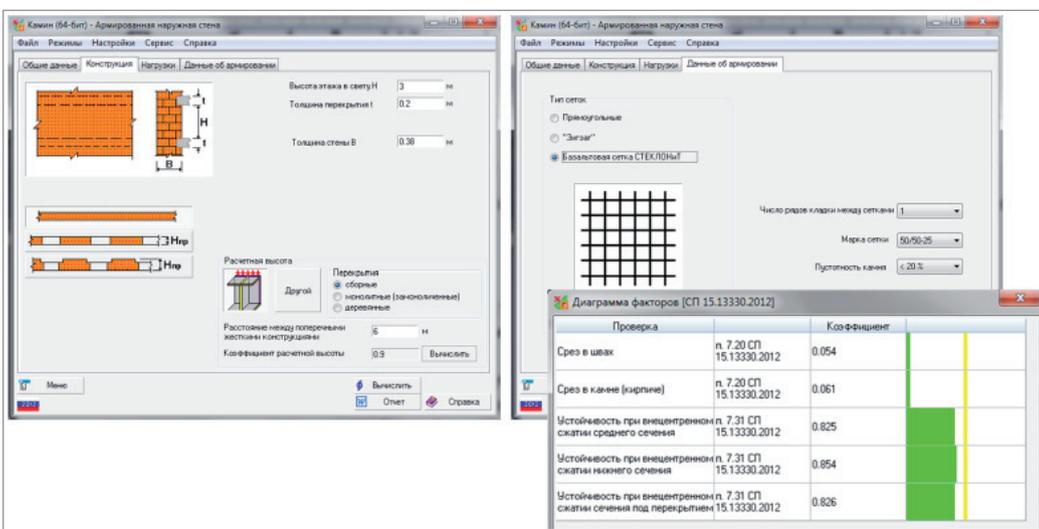


Рис. 18. Расчет стены, армированной базальтовой сеткой СТЕКЛОНИТ, в программе КАМИН

- предоставлен выбор коэффициента  $\varphi_b$  по СП 16.13330 Приложение Ж, что позволяет выполнять более точный расчет по устойчивости плоской формы изгиба и получать более экономичные решения (рис. 15);
- реализована возможность расчета с учетом физической нелинейности

- (произвольный материал и железобетон) для стержневых и пластинчатых элементов (рис. 16);
- в SCAD++, АРБАТ и КРИСТАЛЛ добавлен постпроцессор анализа огнестойкости для железобетонных и стальных конструкций, а для элементов стальных конструкций выво-

- дятся также результаты расчета приведенной толщины металла (рис. 17);
- в программе КАМИН реализован расчет армокаменных конструкций, усиленных базальтовой сеткой СТЕКЛОНИТ по рекомендациям, разработанным ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (рис. 18);

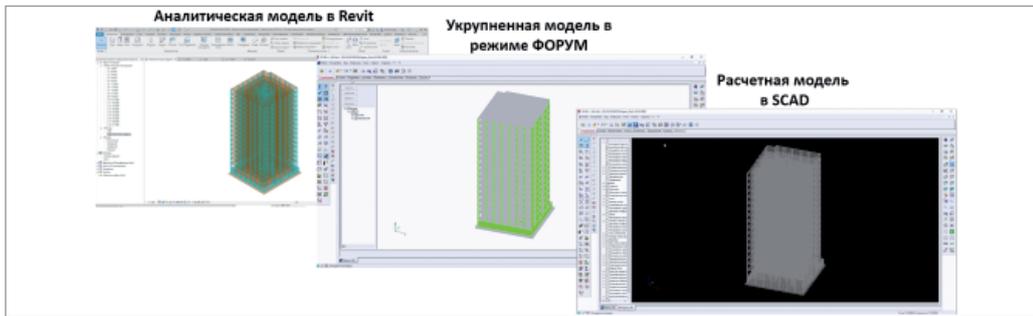


Рис. 19. Реализация обмена данными с Revit (SCAD++)

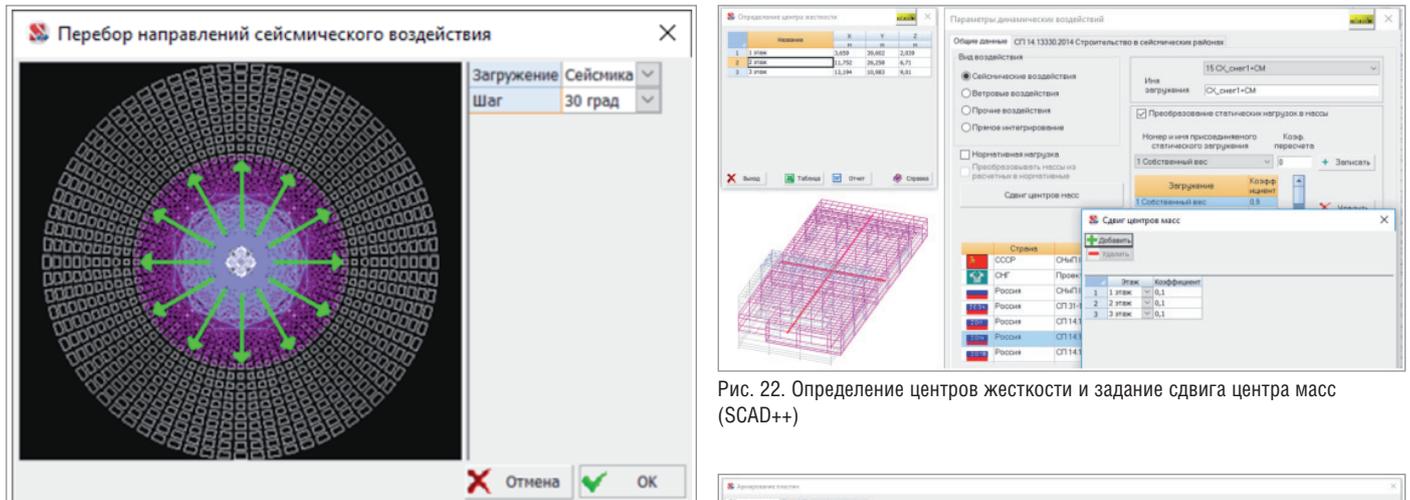


Рис. 22. Определение центров жесткости и задание сдвига центра масс (SCAD++)

Рис. 20. Окно задания перебора направлений сейсмического воздействия (SCAD++)

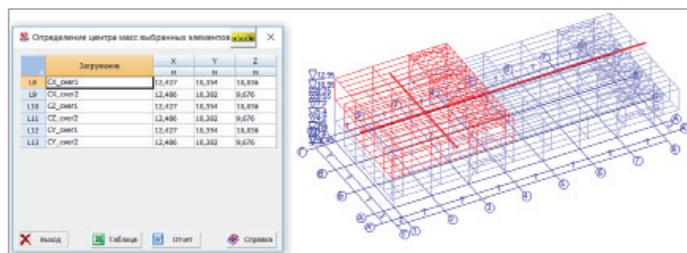


Рис. 21. Определение центра масс для выбранных элементов (SCAD++)

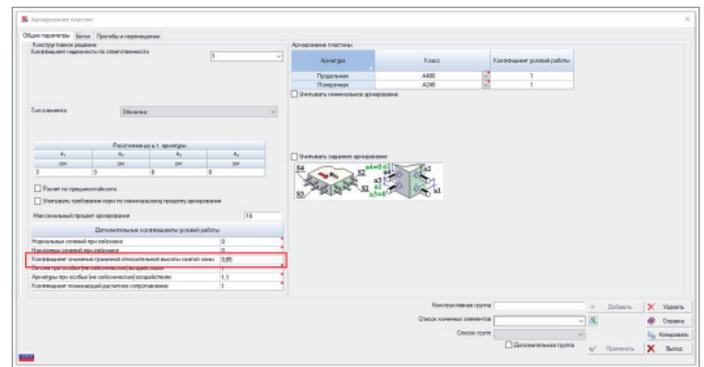


Рис. 23. Окно задания исходных данных для конструктивной группы железобетонного пластинчатого элемента с учетом коэффициента граничной относительной высоты сжатой зоны (SCAD++)

**Развитие возможностей взаимодействия с проектирующими BIM-системами:**

- добавлены возможности обмена данными с Revit 2019, Revit 2020, ARCHICAD 21, ARCHICAD 22, Tekla 2018, Tekla 2019 (рис. 19);
- расширен и адаптирован к последней версии Tekla файл соответствия базы данных профилей SCAD и Tekla;
- реализована обработка формата IFC физической модели RENGA, что позволяет использовать модели, сохраненные в IFC из RENGA в режиме ФОРУМ SCAD++, в качестве заготовки для построения укрупненной аналитической модели.

**Доработки, направленные на улучшение функциональных возможностей интерфейса:**

- добавлена возможность перебора направления сейсмического воздействия (рис. 20);
- расширены возможности операции *Определение центра масс*: теперь можно определять центр масс не только всей модели, но и выделенных узлов и/или элементов, что может быть полезно, например, при моделировании поэтажных сейсмических моментов (рис. 21);
- для моделирования поэтажных сейсмических моментов добавлена возможность определения центров

жесткости и сдвига центра масс на заданную величину эксцентриситета (рис. 22);

- реализована возможность использования специальной процедуры работы с формами колебаний, соответствующими кратным частотам (выполняется поворот суммарного вектора на такой угол, при котором будет максимизирован его вклад в общую динамическую реакцию конструкции);
- для железобетонных пластинчатых элементов при наличии сейсмических воздействий добавлена возможность учета коэффициента граничной относительной высоты сжатой зоны (рис. 23);

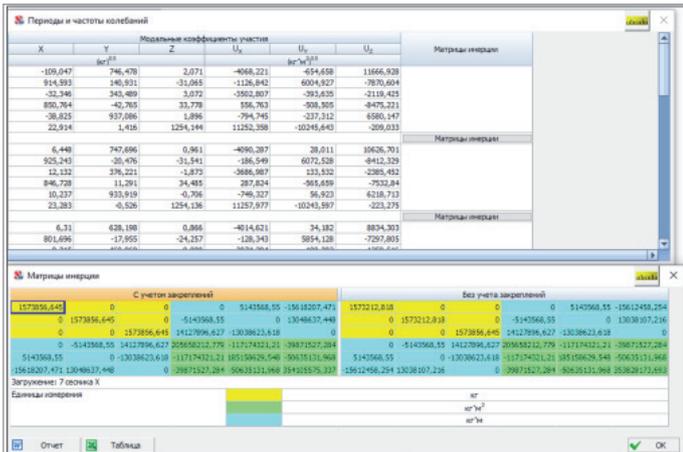


Рис. 24. Окна анализа периодов и частот колебаний, а также матрицы инерции (SCAD++)

Максимально допустимые перемещения и прогибы	Относительные		Абсолютные мм
	k/L		
вертикальный прогиб от всех нагрузок	0,00667		0,7
вертикальный прогиб от постоянных и длительных	0,00667		0,7
вертикальный прогиб только для временных нагр	0,00667		0,7
вертикальные перемещения от всех нагрузок и дл	Не ограничены		150
вертикальные перемещения от постоянных и дл	0,00667		0,7
вертикальные перемещения от временных нагр	0,00667		0,7
горизонтальный прогиб от всех нагрузок	0,00667		0,7
горизонтальный прогиб от постоянных и длите	0,00667		0,7
горизонтальный прогиб только для временных нагр	0,00667		0,7
горизонтальные перемещения от всех нагрузок	0,00667		0,7
горизонтальные перемещения от постоянных и	0,00667		0,7
горизонтальные перемещения только для врем	0,00667		0,7

Рис. 27. Вкладка задания информации о допустимых перемещениях или прогибах в окне задания исходных данных стального конструктивного элемента (SCAD++)

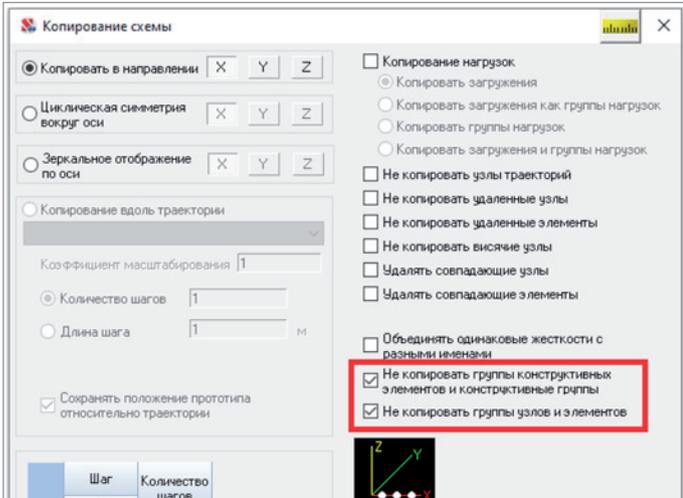


Рис. 25. Окно настроек копирования схемы с новыми возможностями (SCAD++)

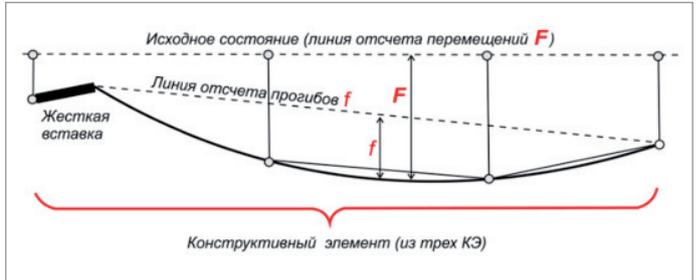


Рис. 28. Схема к расчету прогибов конструктивного элемента (SCAD++)

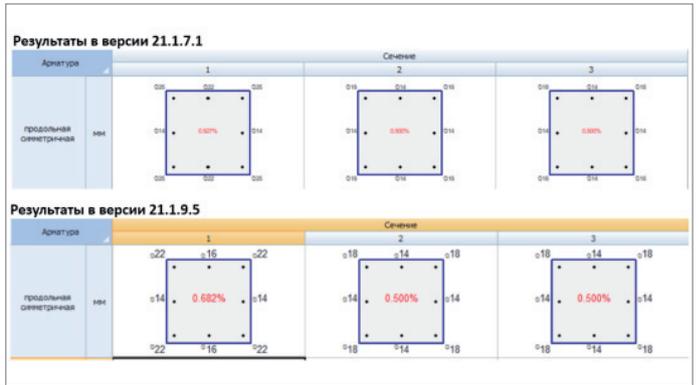


Рис. 29. Улучшения по расчету и отображению арматуры (SCAD++)

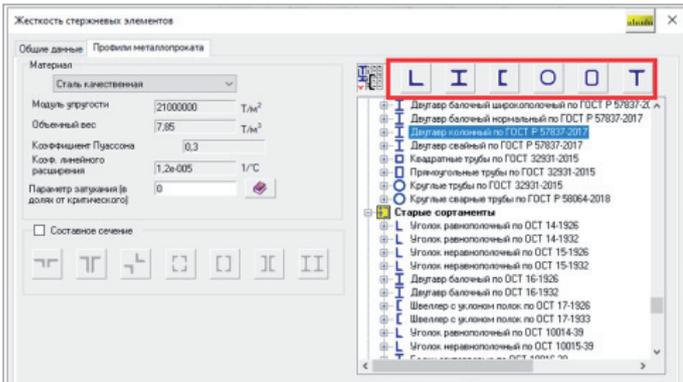


Рис. 26. Окно задания профилей металлопроката с фильтрами профилей (SCAD++)

- в таблице с частотами и периодами колебаний выводятся модальные коэффициенты участия, а для сейсмических нагружений можно получить матрицы инерционных характеристик модели как жесткого целого (рис. 24);
- при копировании схемы или фрагмента схемы можно отказаться от копирования групп узлов/элементов и конструктивных элементов (рис. 25);
- при назначении сечений по сортаментам добавлены фильтры, позволяющие ускорить выбор нужного профиля (рис. 26);
- в конструктивных элементах и группах конструктивных элементов (сталь и железобетон) добавлена возможность получать факторы по максимальным горизонтальным перемещениям, вертикальным и горизонтальным прогибам, а ввод исходных данных выведен в отдельную вкладку (рис. 27);
- для конструктивных элементов разработаны проверки по относительным прогибам (рис. 28);
- оптимизирован подбор арматуры по минимальному проценту армирования (в версии 21.1.7.1 для недогруженных элементов при подборе могло получиться завышенное армирование), увеличены шрифты в изображениях арматуры в сечении (рис. 29);



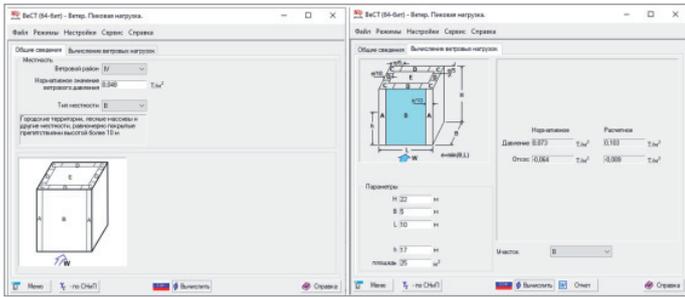


Рис. 36. Расчет пиковой ветровой нагрузки в программе VeCT

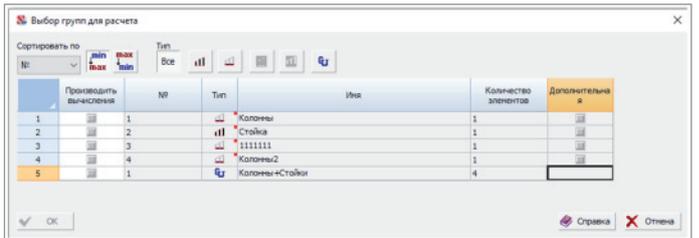


Рис. 40. Новые возможности выбора групп унификации при расчете конструктивных групп стальных элементов (SCAD++)

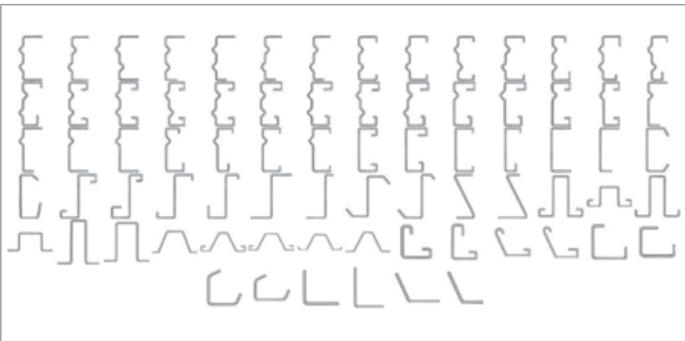


Рис. 37. Расширение стандартных профилей в программе TONUS

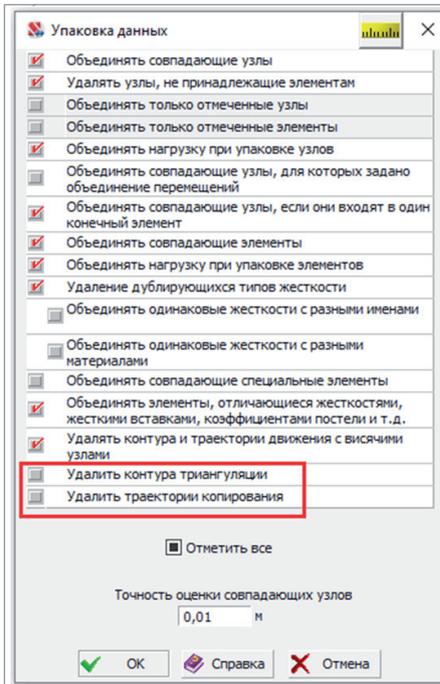


Рис. 41. Новые возможности упаковки данных (SCAD++)

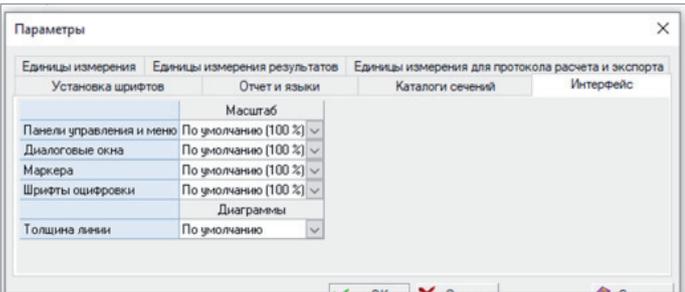


Рис. 38. Новые возможности настройки интерфейса (SCAD++)



Рис. 42. Управление стадиями монтажа (SCAD++)

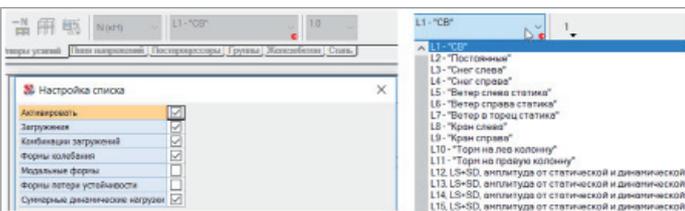


Рис. 39. Новые настройки фильтрации загрузжений (SCAD++)

- добавлен расчет *Ветер. Пиковая нагрузка* по СП 20.13330 (рис. 36);
- в программе TONUS для произвольных сечений появилась возможность отрисовки эпюр статических секториальных моментов и статических моментов относительно главных осей инерции, а также эпюр касательных и эквивалентных напряжений; кроме того, существенно расширен набор стандартных сечений (рис. 37);
- во всех приложениях появилась возможность масштабирования элемен-

- тов интерфейса пользователя, предназначенная для настроек при работе на HiDPI-мониторах (рис. 38);
- реализована возможность произвести настройку и скрыть в списке результатов расчета по загрузжениям отдельные типы данных (например, скрыть формы колебаний, комбинации загрузжений и т.п.) щелчком правой кнопкой мыши на списке *Выбор загрузжений* (рис. 39);
- при выборочном расчете конструктивных групп стальных элементов

- стало возможным выбирать как конструктивные группы, так и группы унификации (рис. 40);
- при упаковке данных появилась возможность удалять контуры триангуляции и траектории копирования (рис. 41);
- для режима "Монтаж" добавлена операция *Управление стадиями монтажа*, в которой можно в текстовом виде редактировать списки добавленных/удаленных элементов (рис. 42);

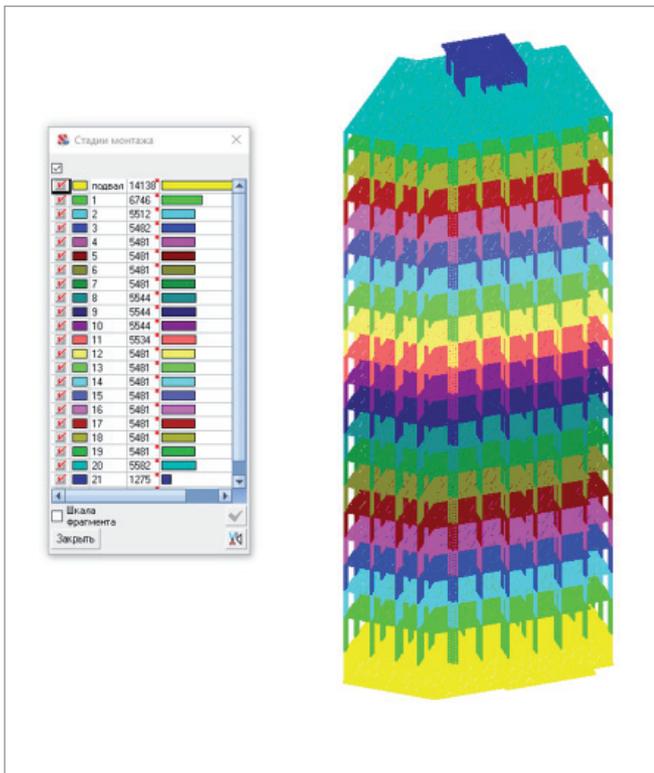


Рис. 43. Цветовая шкала стадий монтажа

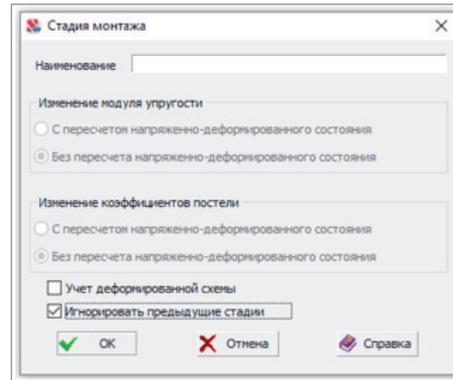


Рис. 45. Окно настроек стадии монтажа с возможностью игнорирования напряженно-деформированного состояния предыдущих стадий (SCAD++)

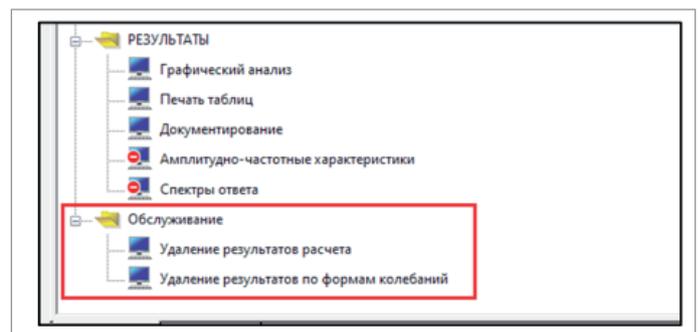


Рис. 46. Новые возможности в дереве проекта (SCAD++)

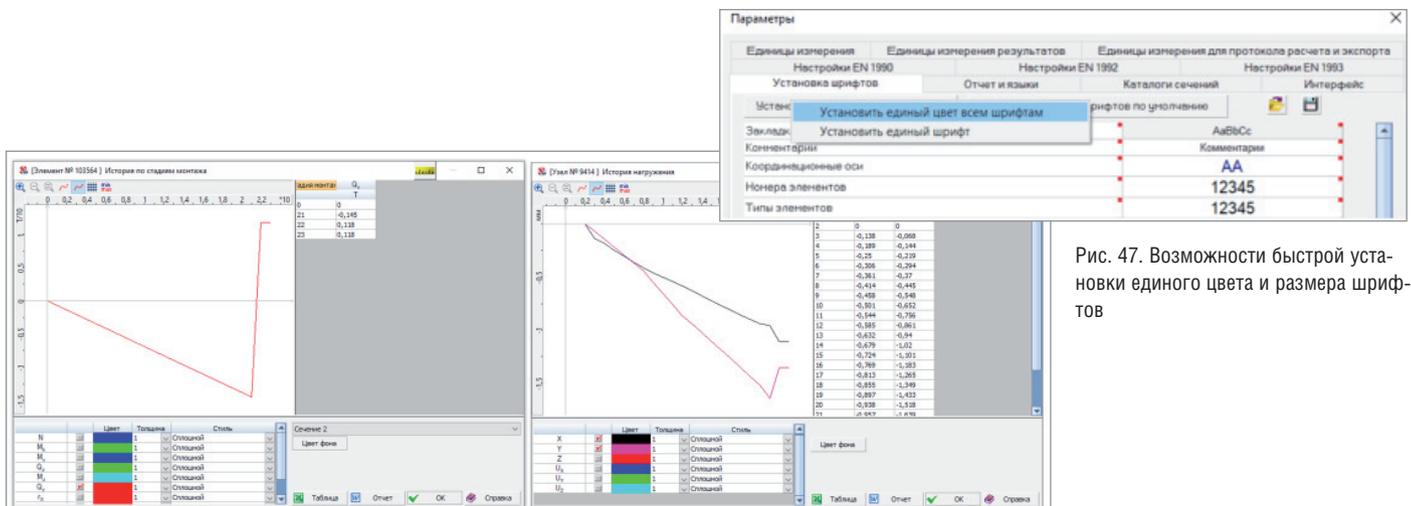


Рис. 44. Графики изменения усилий и перемещений для накапливаемого нагружения режима "Монтаж" (SCAD++)

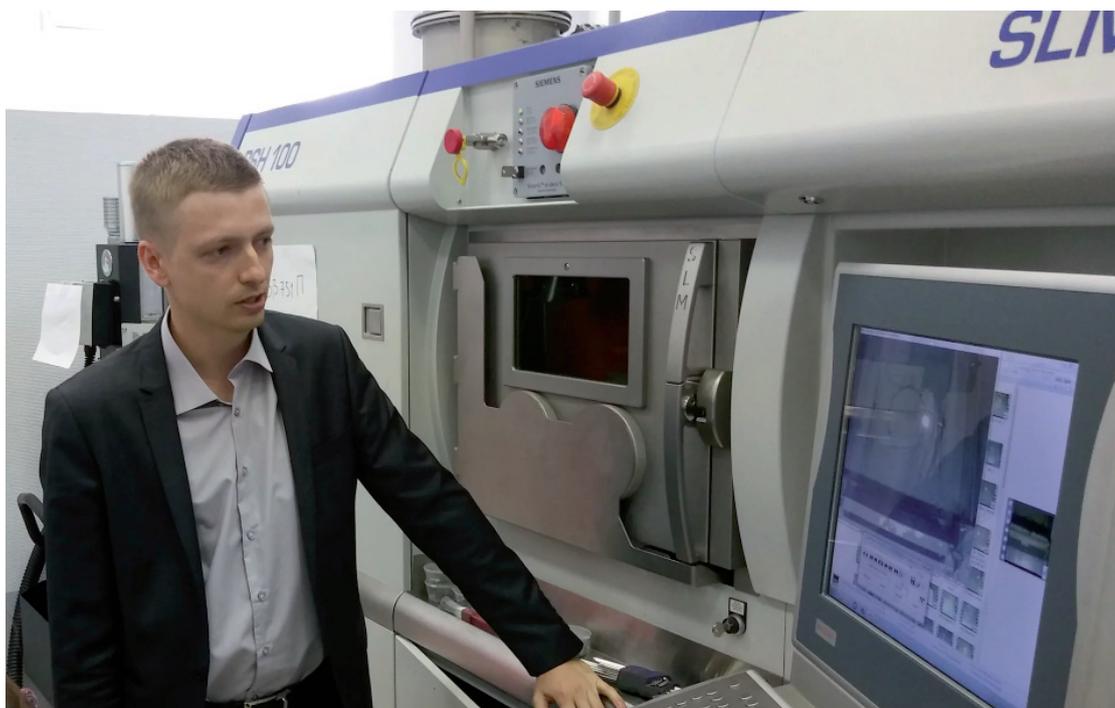
Рис. 47. Возможности быстрой установки единого цвета и размера шрифтов

- реализована цветовая шкала стадий монтажа (рис. 43);
- для накапливаемого нагружения можно посмотреть графики изменений перемещений/усилий/напряжений из *Информации об узле/элементе*, а для накапливаемого нагружения доступна анимация изменений состояния модели (рис. 44);
- в режиме "Монтаж" реализована возможность игнорировать (начиная с определенной стадии) напряженно-деформированное состояние пре-

- дыдущих стадий и тем самым получить вариации моделей монтажа (рис. 45);
- в дерево проекта добавлены режимы, позволяющие удалить все результаты расчета или, удалив результаты расчета по формам колебаний, оставить только результаты суммарных перемещений/усилий/... (рис. 46);
- в настройках шрифтов появилась возможность быстрой установки единого цвета и размера шрифтов (рис. 47);

- плагины на JScript получили доступ к PCY и факторам, вычисленным при экспертизе стальных и железобетонных элементов, а также к данным о результатах подбора арматуры;
- увеличена скорость работы солвера PARFES.

Андрей Теплых,  
Руслан Ожогин  
www.scadsoft.com



## ➤ "3D-ПРИНТЕРЫ ПЕРЕСТАЛИ БЫТЬ ЧУДОМ": САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ОВЛАДЕВАЕТ SLM-ТЕХНОЛОГИЕЙ

**С**амарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева — один из ведущих российских вузов, уникальный научно-образовательный комплекс в сфере разработки и производства современной авиакосмической техники, а также центр компетенций по аддитивным технологиям в Приволжском федеральном округе. Уже почти десять лет научные сотрудники университета проводят исследования и выполняют проекты по 3D-печати деталей и прототипов авиационного и космического оборудования, газотурбинных и поршневых двигателей, медицинских устройств и оснастки. В последние годы в лаборатории аддитивных технологий идет освоение селективного лазерного плавления (SLM).

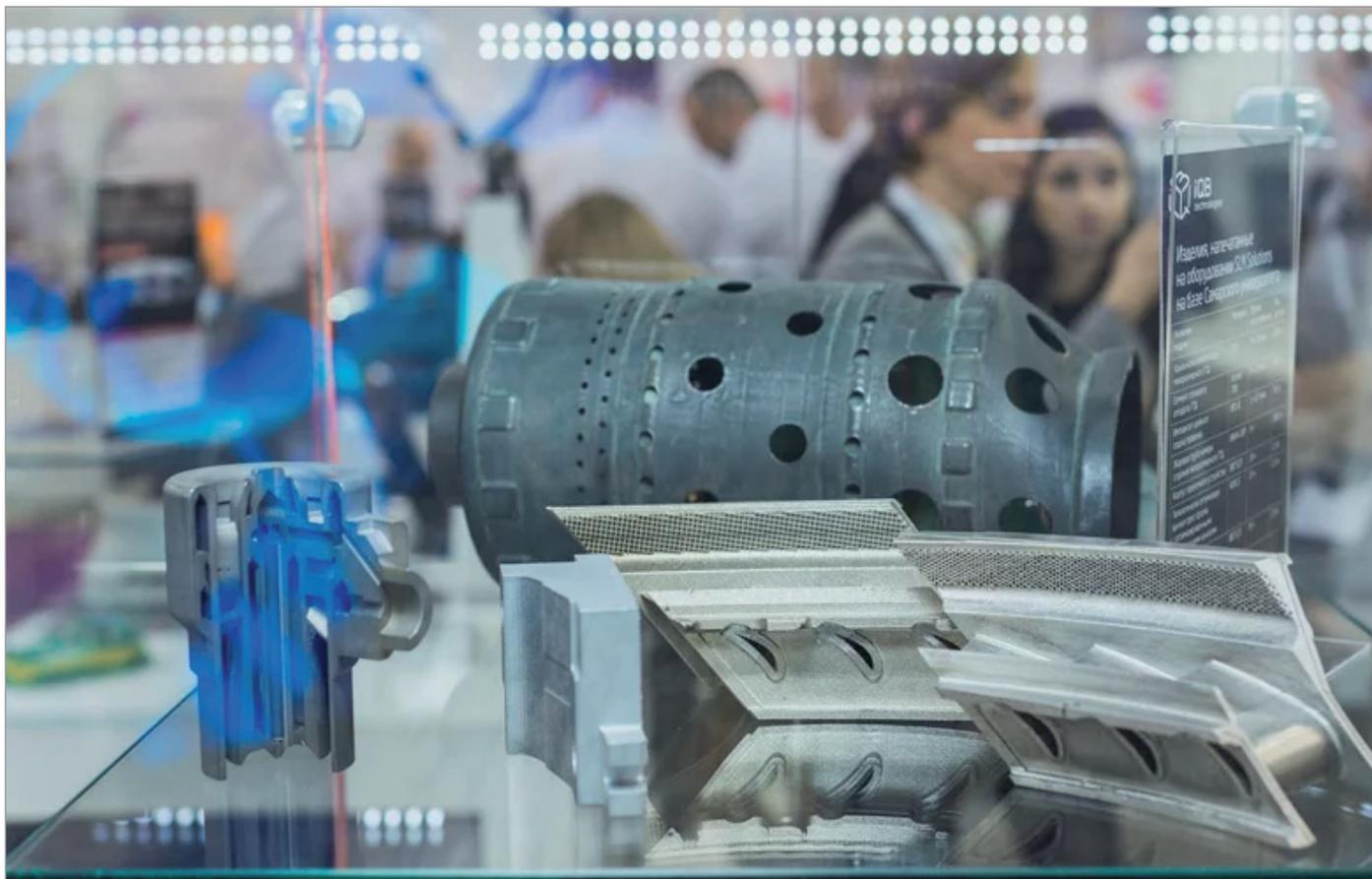
С университетом давно сотрудничает компания iQV Technologies. Например, в 2019 году результаты работы самарских коллег были представлены на стенде и практической конференции iQV на выставке "Металлообработка-2019".

Об опыте и специфике внедрения SLM-технологии рассказывает **Александр Хаймович** (на фото — справа), заведующий кафедрой технологии производства дви-

гателей, директор Института производственных инновационных технологий Самарского университета.



Сотрудники кафедры технологии производства двигателей Самарского университета с командой SLM Solutions / Фото с сайта Самарского национального исследовательского университета



Стенд IQB Technologies на выставке "Металлообработка-2019": изделия, напечатанные в лаборатории аддитивных технологий Самарского университета на установке SLM 280 HL / Фото IQB Technologies

### Как создавалась лаборатория аддитивных технологий

В 2008 году у нас был создан межкафедральный Институт производственных инновационных технологий, который возглавил бывший директор завода ПАО "Кузнецов" Игорь Леонидович Шитарев. Внедрять аддитивные технологии мы начали на базе двух лабораторий института, и первые опыты были связаны с быстрым прототипированием для литья по выплавляемым моделям. Модели выращивались из конструкционных пластиков, затем по ним с помощью силиконового литья изготавливались восковки, и далее шло изготовление по серийной технологии. Примерно два года спустя была закуплена установка импульсной лазерной наплавки, которая использовалась прежде всего для наплавления лопаток двигателей. Виталий Геннадьевич Смелов, который заведует лабораторией аддитивных тех-

нологий, загорелся идеей попробовать что-то более серьезное, а именно 3D-принтер, печатающий металлопорошковыми композициями. Мы подали заявку и выиграли грант на поставку аддитивной установки SLM 280 HL.

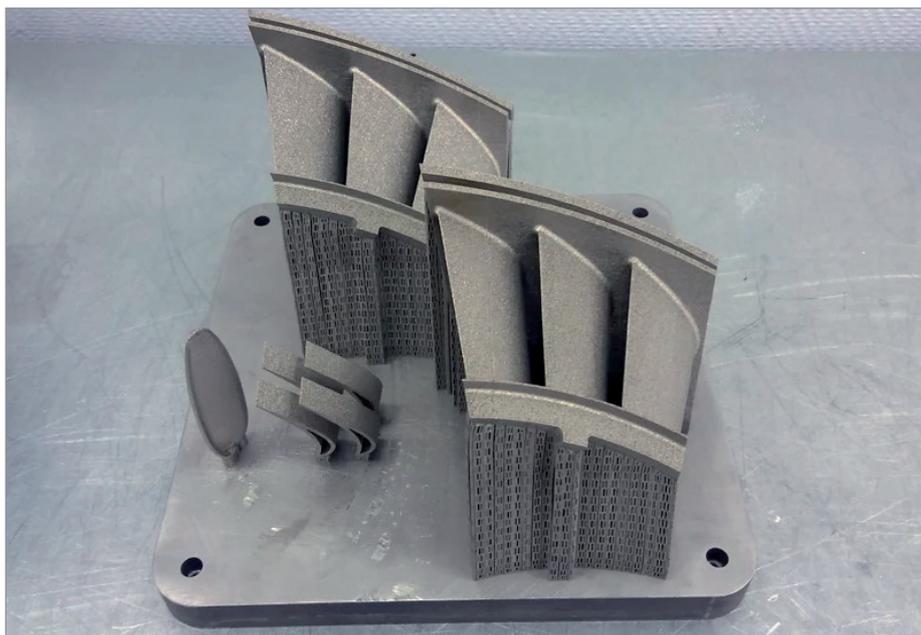
Благодаря применению SLM-технологии горелочное устройство камеры сгорания стало легче на 15% и лучше по своим функциональным свойствам, а суммарная стоимость изготовления снизилась более чем в два раза

С этого, в общем, и началась наша "эпопея" с внедрением 3D-печати металлами.

### Как мы осваивали SLM-технологию: первые опыты и ошибки

Под лежачий камень вода не течет: всё постигали сами, опытным путем. Связались с ВИАМ, потом с другими производителями металлических порошков – "Полевой", ВИЛС, стали разрабатывать методику подбора технологических режимов и пробовать печатать. Как все это сделать с технологической точки зрения, мы понимали, поскольку уже сталкивались с аналогичными задачами. В Самарском университете хорошая экспериментальная база, есть электронные микроскопы – мы имеем возможность проводить металлографические исследования напечатанных образцов.

Конечно, вначале мы столкнулись с типичными ошибками, которые свойственны технологии 3D-печати металлами, требующей определенного подхода. Это были трещины (не столько даже пористость – она



Сопловый аппарат 2-й ступени газотурбинного двигателя / Фото IQB Technologies

*Изготовление соплового аппарата 1-й и 2-й ступеней ГТД из порошка сплава Inconel 738*

Образец	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Отн. удлинение, %
Исходный	1030	600	3,7
После ТО	1430	820	8,5

была в пределах нормы), отслоения от платформы, коробление формы, недостаточные механические свойства.

Со временем появился опыт, который мы уже развивали. Анализируя изделия, начинали понимать — что выйдет, что не выйдет. И уже могли давать рекомендации заказчикам, как можно оптимизировать ту или иную деталь.

Работа, которую ведет лаборатория, дает возможность реализовывать проекты на всё более высоком уровне. Сейчас мы, например, выполняем проект, где за счет обеспечения необходимого градиента структурной жесткости можно планировать получение детали с регулируемым коэффициентом термического расширения.

### Какие задачи мы решаем

Мы занимаемся не только проектированием и изготовлением деталей на 3D-принтерах, но и улучшением функциональных свойств существующих изделий.

Во-первых, помогаем клиентам, которые хотят получить изделие, вписываясь

в определенные ценовые рамки. Во-вторых, решаем задачу создания детали, максимально приближенной к готовому изделию, с требуемыми механическими характеристиками. Здесь уже необходимо обеспечить точность геометрических размеров и высокое качество поверхности — структура должна быть без трещин и прочих дефектов.

Обеспечение размерной точности — очень важный момент, поскольку изготовление по SLM-технологии предполагает постобработку. Соответственно, на поверхности печатаемых объектов необходимо задать припуск. Надо определить его величину, чтобы и убрать дефектный слой, и обеспечить обрабатываемость.

В двигателестроении, авиакосмической промышленности, машиностроении важно прежде всего получить функциональные детали с заданными потребительскими свойствами и с наименьшим весом. Снижение массы — одна из основных возможностей, которые открывают топологическая оптимизация и 3D-печать. Можно обеспечить ячеистую внутреннюю структуру, что также

приводит к уменьшению веса. Свобода проектирования дает массу преимуществ, которые традиционным технологиям недоступны.

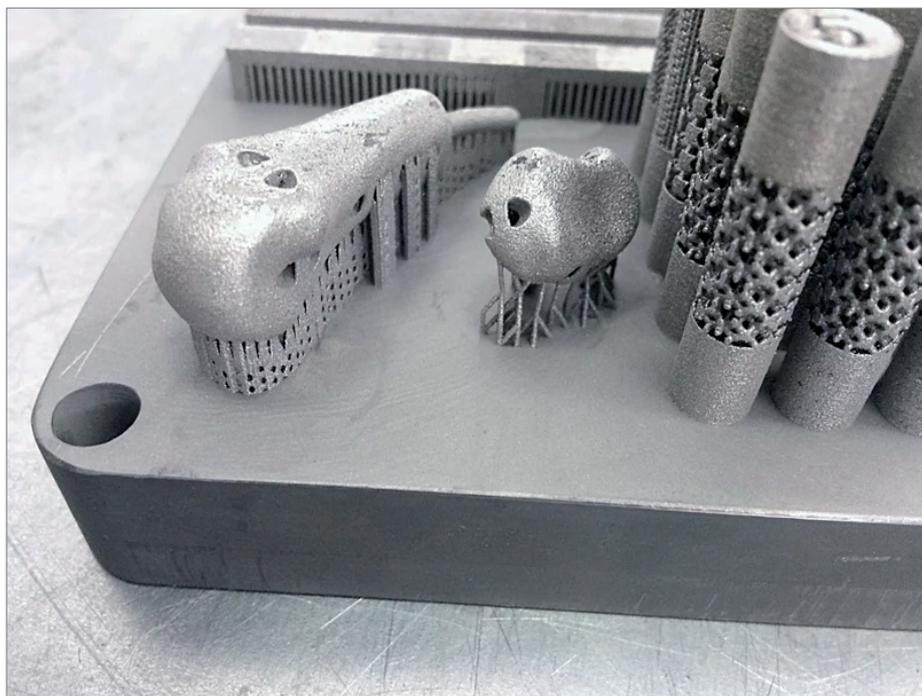
Возьмем центробежный компрессор авиадвигателя. Чтобы получить хорошие газодинамические показатели, то есть обеспечить большую степень сжатия, необходима большая закрутка лопаток. Если компрессор изготавливать механическим способом, то межлопаточные каналы находятся вне зоны инструментальной доступности, и единственный выход — аддитивное производство.

### О прочности и других механических характеристиках

SLM-технология дает возможность добиться прочностных показателей, скажем так, сопоставимых с традиционными технологиями. Можно заранее просчитать, что получится, чтобы достичь требуемого уровня механических свойств. Если без термообработки — это, естественно, кратковременные механические свойства. Предел прочности может быть и больше. Характеристика усталости — предел выносливости, конечно, будет хуже в силу специфики процесса.

Но существуют такие технологии, как горячее изостатическое прессование (ГИП), которые позволяют вывести эти изделия на тот же уровень механических свойств. Эти данные есть не только у нас — они известны по зарубежным публикациям. По информации от наших зарубежных партнеров, занимающихся ГИП, на титановых сплавах фактически можно получить 80-90% от прочности даже не литых, а кованных изделий. За счет ГИП удается устранить внутренние дефекты, возникающие из-за неоднородности гранулометрического состава порошка, и достичь практически стопроцентной плотности.

Часто задают вопрос, может ли 3D-печать обеспечить более высокую прочность по сравнению с классическими способами. Это целый комплекс исследований, и мы тоже планируем их проводить. Скажем, за счет поверхностного легирования порошков можно получить структуры, действительно обладающие повышенными механическими свойствами. Это могут быть суперинварные сплавы, например, — то есть те технологии, которые способны обеспечить уникальные свойства, в том числе механические и теплофизические.



Опытный образец бионического эндопротеза II пястно-фалангового сустава / Фото [vk.com/additive\\_samara](https://vk.com/additive_samara)  
Суммарная масса эндопротезов – 13 г  
Материал – титановый сплав ВТ6  
Время печати – 1 час

### В каких отраслях выгодно применять SLM-технологию

Мы выполняем проекты для разных отраслей – начиная от теплообменников до авиационных двигателей и наземных газотурбинных установок.

Сейчас остро стоит вопрос создания более сложных и более эффективных дета-

лей для авиакосмической промышленности. У нас есть планы изучения конкретных изделий – авиационных кронштейнов, теплообменников для космической техники. Будем смотреть, какие есть возможности оптимизации.

Аэрокосмическая отрасль, с одной стороны, передовая, с другой – весьма кон-



Горелочное устройство камеры сгорания / Фото [iQB Technologies](https://iqbtechnologies.com)

сервативная в плане внедрения новых изделий, поскольку проходит очень много времени от опытных работ до установки на то изделие, которое отправится в космос. Тем не менее, все понимают, что за аддитивными технологиями будущее, и работы по их внедрению активно ведутся.

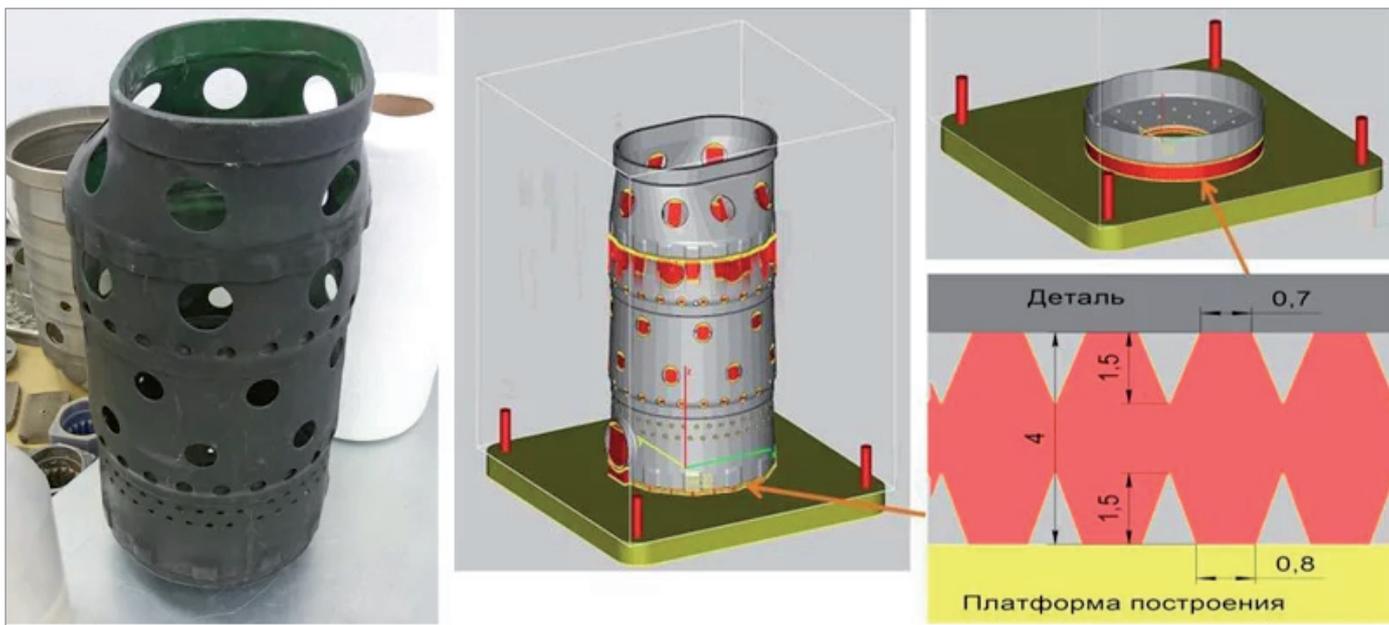
Нельзя не упомянуть медицину, потому что 3D-печать не имеет себе равных по созданию индивидуализированных изделий. За рубежом эта тематика давно развивается, а в России пока только делаются первые шаги. У "Росатома", к примеру, есть целая программа по медицинской 3D-печати.

Такие работы мы проводили, во всяком случае экспериментально. Предположим, человек получил травму правой части челюсти. Выполняют томографию левой части, затем получают снимок в формате DICOM, отзеркаливают, моделируют – и на 3D-принтере выращивается недостающий фрагмент из титана. С помощью SLM-технологии это можно сделать достаточно быстро, а скорость в медицине – самое главное. Дальше дело остается за медиками.

За рубежом мы видели, как работает серийное производство медицинских изделий. Замечу, что в этом случае 3D-принтер должен быть "заточен" только под медицину и печатать определенными металлопорошковыми композициями (обычно это либо чистый титан – Grade 1, либо Ti6Al4). Все это сертифицируется, для этого есть свой путь.

Очень перспективны для внедрения 3D-печати инструментальное производство, изготовление и переработка пластмасс.

70% всех изделий делается из термопластичных полимерных композитов в пресс-формах. Соответственно, качество продукта и его стоимость определяются качеством изготовления оснастки. Цикл производства можно сократить, обеспечив правильный режим охлаждения формообразующих элементов. Так называемое конформное охлаждение можно реализовать только за счет применения аддитивной технологии – когда формообразующие элементы оснастки изготавливаются на 3D-принтере. Сейчас на Западе эти технологии получили широкое распространение, там есть много компаний, которые специализируются только на этой задаче. И мы постепенно к этому идем: отечественным инструментальщикам, естественно, гораздо выгоднее делать заказы в России, а не за рубежом.



Слева: жаровая труба камеры сгорания ГТД, выращенная в 3D-принтере / Фото: *iQB Technologies*  
 Справа: моделирование материала поддержки и назначение припусков / Изображение: *Самарский университет*  
 Материал – ВВ751П  
 Время изготовления – 39 часов  
 Вес – 2,5 кг

Мы проводили опытные работы по проектированию конформного охлаждения. У университета есть программы, которые позволяют рассчитать форму каналов, оптимальную с точки зрения охлаждения; дальнейшая задача – вырастить этот элемент аддитивным способом. К примеру, можно получить сложную, разветвленную структуру внутренних каналов теплообменников, которую никаким другим способом не создать, и обеспечить очень высокую теплоотдачу. Это исключительно эффективное решение и для создания сложных изделий, и для литья под давлением легких сплавов, с последующим мелкосерийным производством.

### Примеры аддитивного производства: детали камеры сгорания

Говоря о наших проектах, сложно выделить какой-то самый важный. Каждый, как говорится, становится родным, пока над ним работаешь.

Первые камеры сгорания и горелочные устройства мы напечатали в сотрудничестве с заводом "Металлист-Самара", который тоже активно занимается аддитивной тематикой. Сейчас мы перешли к сопловым секциям из жаропрочного сплава, планируем тестировать суперинварные сплавы.

Для "Металлиста" мы создали **горелочное устройство камеры сгорания газотурбинного двигателя**. Первоначально сборка состояла из шести деталей. Нам удалось, используя SLM-технологию, сделать ее фактически цельной деталью и очень быстро получить хорошие ре-

ном смысле сердце двигателя, и до сих пор не существует однозначных точных методов расчета параметров горения, потому что очень сложно обеспечить и полноту сгорания, и эффективность. Это процесс во многом эмпирический – делают один вариант, ставят на стенды, получают результат, анализируют его, и далее идут итерации. А поскольку изделие довольно сложное, подготовка следующего варианта занимает не один и не два месяца. Процесс доводки может длиться и пять, и даже восемь лет. Благодаря аддитивной технологии новые варианты создаются очень быстро, поскольку сокращается процесс технологической подготовки и получения готового результата, и, соответственно, упрощается весь цикл. Время экономится в том числе за счет того, что за одну сессию, за пару дней, можно вырастить столько деталей, сколько уместится на платформе. При изготовлении малой партии получается не так уж дорого, иногда даже дешевле, как в случае с горелочным устройством.

Камера сгорания МГТД была напечатана на SLM-принтере за одну неделю. Изготовление традиционным способом заняло бы шесть месяцев

зультаты. Горелочное устройство стало легче (масса снизилась с 2 до 1,7 кг) и лучше по своим функциональным свойствам, а суммарная стоимость изготовления уменьшилась более чем в два раза. Также мы работали над **жаровыми трубами камеры сгорания**. Это в определен-

### О рентабельности 3D-печати металлами

Во-первых, нужно четко представлять, что можно сделать на 3D-принтерах. Во-вторых, если есть желание приобрести



Сотрудники лаборатории аддитивных технологий Самарского университета Антон Агаповичев и Антон Сотов / Фото Екатерины Винокуровой

такую установку, можно сначала заказать печать изделия и сразу получить результат. Так делают многие наши клиенты: сначала заказывают детали, поставляют партию, потом просчитывают экономику. В конечном счете многие приходят к выводу, что лучше установку купить, чтобы получить максимальную выгоду. Это стандартный путь. Заодно они постепенно, пока вводят ее в действие, приобретают собственный опыт.

3D-установка печати металлами, конечно, окупаема — зависит от загрузки. У нас машина SLM 280 работает фактически круглосуточно. Оборудование не несет никаких силовых нагрузок и может эксплуатироваться долгое время, если иметь достаточные компетенции по его обслуживанию и ремонту. Определенные "узкие" моменты есть, но все они решаемы.

### О "волшебном" 3D-принтере

3D-печать — не панацея. Как и у всякой технологии, у нее есть свои возможности и свои ограничения, и сама по себе она не дает готового изделия — для этого нужно решать комплекс задач. Не-

верно думать, что есть волшебный принтер: стоит нажать кнопку — и вы получите деталь необходимых размеров, с необходимыми механическими свойствами, с хорошим качеством поверхности. Сложнофункциональное изделие, которое мы выращиваем, — это заготовка, требующая и механической, и термической обработки. Все это в комплексе позволяет получить продукт с новыми свойствами. И, внедряя аддитивную технологию, нужно понимать, что чудеса не произойдет. Надо быть реалистом.

То, что 3D-принтеры целиком заменят традиционные инструменты производства, — это еще одно заблуждение. Но они — существенный элемент, который позволяет выйти на новый уровень.

Разумеется, 3D-печать развивается, оборудование становится более совершенным. Эти технологии не новые — первые опытные работы относятся еще к 1970-м годам. Прошли годы, прежде чем началось их промышленное применение и появились относительно дешевые металлосодержащие композиции. Сами 3D-принтеры уже перестали

быть чудом: понятно, как их делать, из чего они состоят, появился опыт, более-менее известны все их "узкие" места.

Зачастую к нам приходят люди, имеющие слабое представление о возможностях 3D-печати, и предлагают детали, которые можно получить другими способами, гораздо более дешевыми. Но есть и действительно интересные высокотехнологичные заказы, когда нужно сократить массу, получить новые функциональные свойства. Это всегда захватывающая работа, потому что она во многом исследовательская.

Главное в нашей работе — то, что мы сталкиваемся с действительными, а не надуманными проблемами, которые существуют на производстве. И эти "живые" задачи позволяют лучше понять, на что способны аддитивные технологии, и разработать адекватные методики решения.

Семен Понадюк,  
эксперт iQB Technologies  
Опубликовано: <https://blog.iqb.ru>



## ОСОБЕННОСТИ УФ-ПЕЧАТИ, ИЛИ ПОЧЕМУ МЫ ВЫБИРАЕМ ПРИНТЕРЫ МИТОН

Сегодня в мировой индустрии печати наблюдается устойчивая тенденция, когда работающие на основе ультрафиолетовой печати плоттеры/принтеры (УФ-или UV-принтеры), о которых десять лет назад мало что было известно, стремительно теснят традиционные виды, постепенно завоевывая их рынки. По своей сути ультрафиолетовая печать является разновидностью струйной с использованием УФ-отверждаемых чернил, которые застывают (фотополимеризуются) под воздействием ультрафиолетового излучения, образуя пленку на запечатываемом материале. По динамике своего развития ситуация напоминает историю с внедрением технологии светоотверждаемых зубных пломб, которая в начале своего пути была относительно дорогим удовольствием, а в современной стоматологии стала одной из самых востребованных и доступных.

УФ-печать характеризуется следующими особенностями и преимуществами:

- изображение наносится специальными красками, застывающими под действием ультрафиолетового излучения. Источником ультрафиолета являются УФ-лампы, которые постепенно заменяются на более современные УФ-светодиоды, встроенные в принтер;
- изображение может наноситься практически на любую основу после ее предварительной подготовки (очистки от пыли, обезжиривания, обработки специальными растворами) для улучшения адгезии чернил. УФ-печать – это фактически неограниченный выбор материалов для запечатывания с гарантированным качественным результатом;
- УФ-печать обладает всеми достоинствами полноцветной печати. Технология позволяет получать все виды

градиентов и плавных переходов, что в итоге дает четкие изображения фотографического качества. Имеется возможность печатать белым цветом, по прозрачным материалам, а также использовать выборочную или сплошную печать лаком;

- способ нанесения чернил позволяет создавать на запечатываемых материалах инновационные оригинальные 3D-эффекты, сочетающиеся с рельефной печатью;
- полученное изображение после полимеризации становится стойким к разного рода внешним воздействиям (перепады температур, прямое солнечное излучение, повышенная влажность), что позволяет использовать готовые изделия на открытом воздухе и в помещениях с повышенной влажностью;
- применяемые изделия или полотна устойчивы к механическим воздей-



Сувенирный настольный УФ-принтер Mutoh ValueJet 426UF

ствиям – например, их можно сгибать или растягивать без ущерба для нанесенного изображения;

- удобство использования обеспечено и простотой работы с однокомпонентным составом чернил, которые не засыхают в принтере, но мгновенно фиксируются на запечатанной поверхности.

Уникальные возможности УФ-печати и ее растущая востребованность ставят компании-производители перед необходимостью разработки и внедрения всё новых и новых моделей УФ-принтеров.

Продукция компании **Mutoh** (Япония) занимает в этом ряду особое место. И это неудивительно: Mutoh в своих разработках всегда идет своим инновационным, особенным путем, который выгодно отличает компанию от других производителей. Достаточно вспомнить первый и практически единственный в мире карандашно-перьевой рулонный плоттер от Mutoh – непревзойденный эталон качества, точности и экономичности.

В настоящее время линейка УФ-принтеров Mutoh представлена эффективными и высокопроизводительными планшетными, рулонными, гибридными и сувенирными принтерами, которые периодически пополняются новыми моделями.

В этой статье вниманию читателя будут предложены самые востребованные сувенирные УФ-принтеры Mutoh, пользующиеся заслуженной популярностью

в Японии, странах Европы, Азии, Америки и уверенно осваивающие бескрайние просторы Российской Федерации, где число продаж продолжает неуклонно расти.

За годы своего существования компания Mutoh сформировала внушительный портфель оригинальных разработок, технологических и конструкторских решений, готовых изделий, отмеченных многочисленными патентами и международными наградами. Большое значение имеет и то обстоятельство, что, несмотря на процессы мировой глобализации экономики, все этапы проектирования, конструирования и, самое важное, весь цикл производства остаются полностью локализованными в Японии, где традиционно царит поистине самурайский дух чести и качества. Девиз компании: «Качество – это красная нить, которая проходит через каждый принтер/плоттер Mutoh»

Это самый популярный на сегодняшний день сувенирный настольный УФ-принтер **Mutoh ValueJet 426UF**. Он предназначен как для сувенирной, так и для мелкосерийной производственной печати на очень широком спектре материалов.



**Конструкция.** Платформа печатающего стола выполнена из прочного металлического сплава и оснащена вакуумным прижимом, позволяющим надежно удерживать заготовку на столе. Рабочее поле принтера составляет 483x329 мм (оптимальный размер для сувенирной печати). Высокоточные серводвигатели управляют плавным, без рывков и вибраций перемещением рабочего стола в вертикальном направлении (вверх-вниз), а каретки с печатающей головкой и УФ-светодиодами – по горизонтали. Такая конструкция позволяет наносить качественные изображения как на плоские, так и на изогнутые поверхности. Толщина материала, с которым работает Mutoh ValueJet 426UF, может достигать 70 мм, а вес – 4 кг.



**Печатающая головка.** Mutoh ValueJet 426UF оснащен 8-канальной печатающей головкой новейшего поколения, работающей по технологии переменного объема капли, размер которой в зависимости от выполняемого задания варьируется от 3,8 до 28 пиколитров (один из лучших показателей для этого класса УФ-принтеров). Выверенная механика, современная электроника и интуитивно понятное программное обеспечение позволяют печатать изображения с высочайшими точностью и качеством. Усовершенствованная система парковки и чистки головок существенно продлевает срок их службы. Печать осуществляется с разрешением до 1440 dpi и с высокой производительностью.



**Технология печати.** В Mutoh ValueJet 426UF используется всемирно известная технология волновой печати Mutoh i<sup>2</sup> (Intelligent Interweave printing technique) – наложение чернил на поверхность носителя не



прямой линией, а волнообразно, что исключает полошение, пятна и потеки на отпечатках, а также делает возможным получение ярких, контрастных изображений фотографического качества при минимальном расходе чернил.



### Закрепление изображения.

В принтере Mutoh ValueJet 426UF установлены усовершенствованные УФ-светодиодные лампы (LED-лампы), что по сравнению с ртутными УФ-лампами значительно расширяет спектр материалов для печати. Благодаря мягкому холодному LED-излучению изображения легко закрепляются на термочувствительных поверхностях (полиэтилен, тонкие пластики), которые при высокотемпературном воздействии склонны к термическим деформациям и появлению желтизны. LED-лампы рассчитаны на 14 250 часов работы (лучший показатель для этого класса оборудования), то есть примерно на 1780 дней из расчета восьмичасового рабочего дня.



### Запечатываемые материалы.

Mutoh ValueJet 426UF спроектирован для полноцветной высококачественной печати на различных поверхностях. Это могут быть матовая и глянцевая бумага, фотобумага, полимерные пленки (глянцевые, матовые, со светорассеивающим покрытием), баннерные материалы (на синтетической основе с водостойким покрытием), текстиль (холст и синтетические ткани), стекло и оргстекло, акрил, керамогранит, мрамор, металл, композиционные материалы, дерево, МДФ, ЛДСП, пробковое покрытие, ПВХ, пенокартон и многое другое.



### Экологичные чернила.

В принтере Mutoh ValueJet 426UF используются сертифицированные, экологически чистые чернила, не содержащие летучих органических соединений. Под действием холодного излучения LED-системы чернила мгновенно фиксируются на запечатываемых материа-

лах, обеспечивая широкий цветовой охват. Пользователю доступны несколько конфигураций цветов: CMYK + белый + лак (CMYK+W+V), CMYK (CCMMYK). Таким образом, благодаря оригинальным инженерным решениям, УФ-принтеры Mutoh ValueJet 426UF могут очень эффективно использоваться для работы в рекламных компаниях, научных учреждениях, музеях и на различных производствах. Они просто незаменимы для печати на панелях телефонов, персонализированных подарках, фототоварах, рекламной атрибутике (ручки, зажигалки, брелоки, флешки), сувенирах, мячиках для гольфа, наградах, небольших вывесках, открытках, наклейках, дипломах, на промышленных изделиях при их мелкосерийном производстве и т.п.

Широта области применения, быстрая окупаемость и гарантированная прибыль, получаемая от работы Mutoh ValueJet 426UF, открывают перед пользователями большие возможности как для начала нового, так и для диверсификации существующего бизнеса.

По словам Есенина, "большое видится на расстоянии". Следуя мысли поэта, рассмотрим "на расстоянии" несколько историй, представленных компанией Mutoh, — краткое изложение фактов об УФ-принтерах Mutoh ValueJet 426UF, позволивших зарубежным пользователям не только приумножить доходы, но и кардинально улучшить свою жизнь.

**История №1 (Израиль).** Моше Гамлиэль (Moshe Gamliel) — актер, режиссер, а иногда и просто безработный — повидал в жизни немало. Вместе со своей супругой Оснат он перепробовал себя в разных видах бизнеса, но нигде не добился успеха и морального удовлетворения. В очередной раз оказавшись на перепутье, Моше решил открыть небольшой магазин под названием "MADEPIS". Приобрел несложное оборудование и начал печатать фотографии, картины, репродукции, рисунки и чертежи. По-

началу дела шли неплохо — был увеличен штат сотрудников, предприятие освоило лазерную гравировку. Однако такая относительно безбедная жизнь продолжалась лишь до тех пор, пока страну не наводнили смартфоны с хорошей оптикой и большим объемом памяти. Новая ситуация коренным образом изменила условия бизнеса: число заказов упало, а клиенты стали намного более требовательными. Появилось четкое осознание необходимости перемен. Моше давно намеревался приобрести оборудование, которое могло бы "печатать на всем", что должно было не только улучшить бизнес, но и помочь реализовать амбициозные творческие планы. Однако все принтеры, к которым он присматривался, были либо большими, дорогими, сложными в обслуживании и занимали слишком много места, либо просто не соответствовали его представлению о качестве печати. Работу сувенирного настольного УФ-принтера Mutoh ValueJet 426UF Моше и Оснат увидели случайно, но, вдохновленные результатами, без колебаний приобрели его. У бизнеса сразу открылось второе дыхание: он стал персонализированным и эффективным.

Заказы потекли рекой. Печатать стали много и на самом широком спектре материалов, многие из которых заказчики приносили с собой. В настоящее время более 70% бизнеса магазина "MADEPIS" связано с работой принтера Mutoh ValueJet 426UF. Моше, приглашая друзей к сотрудничеству, любит повторять, что принтер-кормилец отличается стабильностью работы, надежностью и что размеров его рабочего поля вполне достаточно для изготовления абсолютного большинства актуальных принтов. Обслуживание принтера настолько простое, что его могут осуществлять даже стажеры. Для привлечения новых клиентов Моше практикует изготовление принтов непосредственно в магазине на



глазах заказчиков и просто зрителей. Присутствующим это нравится, заказов становится больше и больше, бизнес находится на подъеме.

**История №2 (Голландия).** Молодой веб-дизайнер Михаэль Кенис (Michael Kenis) как-то попробовал заказать для своего отца, гитариста одной из популярных музыкальных групп, персонифицированные медиаторы с надписями (изображением владельца-исполнителя, названием группы и т.п.), но это оказалось очень даже непростым делом. После нескольких неудачных попыток Михаэль решил стать бизнес-партнером одной австралийской компании, поставляющей персонифицированные медиаторы в Голландию. Для этого он создал специализированный тематический сайт и наладил канал сбыта. Однако не все пошло так, как задумывалось: срок поставки составлял три-четыре недели, а изображения на медиаторах хоть и были относительно приемлемого качества, но отличались крупной зернистостью и недолговечностью. Амбициозный Михаэль, не будучи специалистом в печатном деле, решил самостоятельно производить медиаторы: купил недорогой специализированный китайский принтер, организовал компанию Eigen Plectrum ("Собственный медиатор") и начал работать на дому. Вновь встал вопрос качества, а значит и сбыта продукции. Михаэль с головой окунулся в тонкости печатного дела.

Хорошее знание интернет-технологий и скрупулезное изучение рынка позволили ему быстро провести конъюнктурный анализ и определиться с подходящим для этих целей сувенирным настольным УФ-принтером Mutoh ValueJet 426UF. Михаэль провел тщательное тестирование принтера, в том числе и на непрофильных запечатываемых материалах. Результат превзошел все ожидания, средства были изысканы, а устройство незамедлительно приобретено.

Простота обслуживания и надежность работы, высочайшее качество получаемого изображения даже при минимальном разрешении 720 dpi и мгновенная фиксация чернил на первой поверхности (позволяющая сразу же перейти к печати на второй поверхности), надежная защита изображений от механических воздействий принесли бизнесу успех. Первая же партия персонифицированных медиаторов была успешно продана в родной Голландии, а дальше, как говорится, дело пошло. Для продви-

ные карточки и бейджи с рельефно запечатанными гитарами и медиаторами, запечатанные гитарные ремни и т.п.

Бизнес расширялся, производственных мощностей не хватало, поэтому на втором году Михаэль приобрел еще один принтер Mutoh ValueJet 426UF. Несмотря на рентабельность своей компании, Михаэль часто думает о расширении номенклатуры выпускаемой продукции — это различные детские головоломки, игрушечные конструкторы и т.п. Допустимая высота запечатываемых на принтере материалов (до 70 мм) вполне позволяет это делать, тем более что в хозяйстве Михаэля имеется гравировальный станок, который он использует для украшения барабанных палочек. По мнению Михаэля, при помощи УФ-печати и гравировки получается очень красивая, качественная и долговечная продукция. Но все же основной пока остается музыкальная тематика.

Подобных историй из разных сфер деятельности можно привести великое множество.

Фирма ЛИР — официальный эксклюзивный дистрибьютор компании Mutoh на территории Российской Федерации — осуществляет прямые поставки и сервисное обслуживание всей ее продукции (широкоформатные принтеры любого принципа действия, каттеры). Поставки сувенирных настольных УФ-принтеров Mutoh

ValueJet 426UF осуществляются как со склада в Москве, так и под заказ. По вопросам получения консультаций, приобретения оборудования и его запуска в работу обращайтесь к специалистам Фирмы ЛИР по телефонам +7 (495) 363-6790 или +7 (800) 200-6790 (бесплатный вызов), а также по адресу [www.ler.ru](http://www.ler.ru).

По вопросам получения консультаций, приобретения оборудования и его запуска в работу обращайтесь к специалистам Фирмы ЛИР по телефонам +7 (495) 363-6790 или +7 (800) 200-6790 (бесплатный вызов), а также по адресу [www.ler.ru](http://www.ler.ru).



Пользователи, которые приобретают УФ-принтеры Mutoh ValueJet 426UF, получают в свое распоряжение уникальные инструменты, гарантирующие универсальность и широкий функционал, высокое качество печати, производительность и супернадёжность, что в совокупности обеспечивает значительное превосходство перед другими принтерами этого класса в данной ценовой категории

жения своей продукции Михаэль установил тесные контакты с известными голландскими и зарубежными музыкальными группами, исполнителями, музыкальными магазинами и производителями инструментов. У компании Eigen Plectrum появились заказчики и реселлеры в других странах: Германии, Швейцарии, Швеции, Франции и США. Михаэль расширил номенклатуру изделий и начал производить на заказ оригинальные персонифицированные пластинки, эксклюзивные открытки, визит-

*Евгений Люшин,  
Наталья Ануфриева  
E-mail: [lushin@ler.ru](mailto:lushin@ler.ru)  
[anufrieva@ler.ru](mailto:anufrieva@ler.ru)*



## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ И УКАЗАТЕЛЕЙ С SUMMA F1612

С ростом населения, увеличением количества транспортных магистралей и средств передвижения особую актуальность во всем мире приобретает обеспечение безопасности дорожного движения, в том числе оперативное изготовление дорожных знаков и указателей. А для Российской Федерации с ее бескрайними просторами и обширной сетью разнообразно-своеобразных дорог эта проблема не просто актуальна, а жизненно важна.

На страницах журнала CADmaster (№ 3 за 2019 год) мы уже рассматривали решение для автоматизации процесса

изготовления дорожных знаков, основанное на трех базовых составляющих: плоттере Mutoh (Япония), ламинаторе Neschen (Германия) и планшетной режущей системе Summa (Бельгия).

Сегодня предлагаем вниманию читателю обзор универсальной планшетной режущей системы Summa F1612, которая по критерию "качество-производительность-надежность-цена" является наиболее востребованной среди российских и зарубежных производителей дорожных знаков и указателей. Однако сначала определим, на каком этапе производства дорожных знаков она максимально востребована.

Предприятия, где уже налажено, модернизируется, организуется или только планируется изготовление дорожных знаков, могут применять различные технологии и определять разные этапы выполнения работ. Это зависит от множества факторов: технического оснащения, сырья (качества, цены и стабильности поставок), сложившихся традиций, серийности производства, квалификации кадров и др. Однако сам процесс вырезания масок, готовых знаков (уже напечатанных различными способами и защищенных ламинирующей пленкой) или раскроя световозвращающих пленок необходимого цвета исклю-



Режущие плоттеры бельгийской компании Summa, завоевавшие заслуженную популярность во всем мире, давно стали промышленным стандартом качества и производительности в отрасли. Высочайшие технико-эксплуатационные характеристики и надежность (на все модели компания дает двухлетнюю заводскую гарантию) настолько общеизвестны, что приобрести даже бывшие много лет в эксплуатации режущие плоттеры Summa очень сложно.

Если это все-таки удастся сделать, новые пользователи, которые знают, что легендарному бельгийскому бренду возраст не помеха, сразу же запускают их в рабочий процесс.





читать из технологической цепочки в принципе невозможно. На недостаточно автоматизированных предприятиях этот процесс может осуществляться вручную при помощи гильотинного резака или вырубного штампа. Однако такая технология чревата неточностью и относительно большим процентом брака, который особенно проявляется на этапе поклейки, когда вырезанные элементы должны быть четко совмещены друг с другом. Кроме того, она малопроизводительна, требует большого количества ручного труда, затратна по времени. Отметим также, что любое изменение, производимое в знаке (форма, размер, деталь), потребует изготовления нового штампа и приведет к дополнительной трате средств и времени. Универсальная планшетная режущая система Summa F1612 позволяет автоматизировать процесс резки световозвращающих пленок и органично вписывается в любую последовательность технологического цикла. Кроме того, она позволяет вносить изменения в дорожный знак в режиме реального времени: достаточно немного подкорректировать программу — и на раскрой отправляется требуемая фигура/знак. Тем самым экономится дорогостоящая пленка, используемая при производстве дорожных знаков. Точность резки обеспечивают рабочий стол с вакуумным прижимом, конвейерная система подачи материала и система загрузки рулона с торцевыми фланцами. Совокупность этих приспособлений гарантирует надежную, без перекосов подачу рулонного материала, а также идеальный раскрой световозвращающих пленок длиной до 50 метров. В соответствии с действующими нормативными актами дорожные знаки и указатели должны изготавливаться из сер-

тифицированных световозвращающих пленок трех основных типов:

- А — пленки со средней интенсивностью световозвращения, имеющие оптическую систему, которая состоит из сферических линз (микростеклошариков) либо микропризм;
- Б — пленки с высокой интенсивностью световозвращения, имеющие оптическую систему из микростеклошариков, сгруппированных в ячейках;
- В — пленки с очень высокой интенсивностью световозвращения, имеющие оптическую систему из микропризм. Толщина таких пленок складывается из толщины слоя оптической системы, клеевого слоя, подложки.

Для раскрой подобного вида пленок в F-Series используется тангенциальный модуль — наиболее мощный и универсальный инструмент, обеспечивающий вертикальное усилие до 10 кг, а горизонтальное — до 20 кг. В этот модуль для резки световозвращающих пленок, как правило, устанавливаются следующие инструменты:

- *Kiss-Cutting Tool* — для высокоточного скоростного раскрой рулонных пленок методом надреза, не затрагивая подложку;
- *Single Edge Cutout Tool* — для детальной резки насквозь материалов толщиной до 6 мм;
- *Double Edge Cutout* (двусторонний прорезной нож) — для детальной сквозной резки материалов толщиной до 5 мм, с меньшим количеством холостых проходов.

В целях увеличения производительности (для экономии времени при смене инструментов) при непрерывном большом объеме разноплановых заданий некото-

Большинство компаний-производителей предлагает планшетные режущие плоттеры, "заточенные" исключительно под одну определенную задачу, — например, под изготовление только дорожных знаков или только картонной упаковки. И это преподносится как забота об обеспечении гибкости производства, ориентированного на качественное удовлетворение конкретных потребностей пользователей. Между тем функционал универсальной планшетной режущей системы Summa F1612 может быть расширен простым добавлением дополнительных модулей.

Дополнительные модули многофункциональной режущей головки на основе базовой платформы позволяют существенно расширить функциональность Summa F1612, обеспечивая возможность производить упаковку, изготавливать ростовые фигуры, кроить ткани и многое другое. Так, например, если тангенциальный модуль дооснастить инструментами для V-образной резки и биговки, то получится полноценная система для производства как простой, так и оригинальной картонной упаковки. Каталог с более чем сотней шаблонов упаковок можно бесплатно скачать с сайта компании Summa (в отличие от некоторых других компаний-производителей, у которых такая опция обойдется клиенту в значительную сумму).

В случае необходимости многофункциональную головку Summa F1612 всегда можно дооснастить фрезерным или ротационным модулем, поместив их в свободный слот.



## Основные преимущества универсальной планшетной режущей системы Summa F1612:

- минимальные требования к рабочему помещению (небольшая площадь, отсутствие необходимости вентиляции);
- быстрое развертывание (приведение в рабочее состояние) оборудования;
- возможность поэтапного наращивания оборудования и расширения его функционала;
- экологичность производства;
- высокая производительность;
- оперативность выполнения работ;
- возможность производства различной продукции;
- высокое качество продукции;
- экономичность, снижение отходов производства благодаря оптимальному использованию световозвращающих пленок и их остатков;
- минимальный штат сотрудников;
- простота обслуживания;
- высочайшая надежность (двухлетняя заводская гарантия);
- рентабельность производства и гарантированный возврат инвестиций.

рые пользователи предпочитают устанавливать два тангенциальных модуля: один для резки методом надреза, второй для прореза световозвращающей пленки насквозь, вместе с подложкой.

Некоторые компании-производители позиционируют свои планшетные режущие плоттеры как тангенциальные. Не вдаваясь в технические подробности, заметим, что чаще всего такие плоттеры на поверку оказываются флюгерными с эмуляцией тангенциальной резки. А для раскроя дорожных знаков предпочтительнее именно планшетный режущий плоттер с классическим тангенциальным модулем — эксклюзив компании Summa.

В Summa F1612 исключительную точность резки обеспечивают *цифровая оптическая камера и система OPOS-CAM*, встроенные в модульную головку. Камера способна определять маркеры даже на световозвращающих и зеркальных поверхностях, которые не распознаются лазерным датчиком. Кроме того, она

позволяет считывать нечеткие метки, имеющие дефекты печати, а также метки с материалов, покрытых ламинатом. Уникальное сочетание цифровой оптической камеры и системы OPOS-CAM обеспечивает оптимальную скорость и точность контурной резки, тем самым повышая производительность при обработке самых сложных материалов.

### Полезные опции

- *Дистанционный пульт управления*, предоставляемый опционально, позволяет оператору свободно перемещаться, сохраняя полный контроль над выполняемым заданием и над основными настройками.
- *Лазерная система безопасности Safety Rack*, входящая в стандартную поставку Summa F1612, обеспечивает полный контроль рабочей зоны плоттера, гарантируя стопроцентную безопасность пользователя при различных режимах работы оборудования.

Планшетный режущий плоттер Summa F1612 разработан для бесперебойной круглосуточной работы по раскрою световозвращающих пленок. И, как показывает отечественная и зарубежная практика, он с этим прекрасно справляется, не требуя дополнительного контроля и подстройки (коррекции). Плоттер произведет любой объем работ по изготовлению дорожных знаков и указателей оперативно и качественно, обеспечив удобное и комфортное управление процессом.

Таким образом, универсальная планшетная режущая система Summa F1612 — это технологичное, проверенное временем, широко применяемое в России и во всем мире решение для производства дорожных знаков и указателей. Используя Summa F1612, пользователь забудет о наиболее распространенных проблемах в работе планшетных режущих плоттеров, таких как не доведенная до конца контурная резка, зазубрины или неровности по линии реза, недостаточная глубина реза и т.д.

Универсальную планшетную режущую систему Summa F1612 можно смело назвать "универсальным солдатом", который готов в любое время суток, не теряя ни секунды, приступить к выполнению приказа командира (пользователя) по раскрою дорожных знаков и указателей. Его можно мгновенно "поднять по тревоге" или заставить нести круглосуточную службу в течение многих дней. Результат всегда будет один: прекрасное качество работ, выполненных точно и в срок.

Следует отметить, что некоторым работающим или только проектируемым предприятиям бывает необходима универсальная планшетная режущая система с рабочим полем, отличным от параметров Summa F1612. Линейка планшетных режущих систем Summa F-Series, представленная шестью актуальными моделями с возможной шириной носителя от 1,34 до 3,32 м и постоянно расширяющимся арсеналом дополнительных функций, позволяет предложить даже самым требовательным пользователям варианты, полностью отвечающие их пожеланиям, задачам и объемам планируемых работ.

В настоящее время в соответствии с принятым курсом на цифровизацию экономики вопросы ускоренной автоматизации различных производств становятся приоритетными для многих отраслей народного хозяйства. В этой связи автоматизация производства дорожных знаков и указателей не просто актуальна, а жизненно необходима для нашей страны. Современное цифровое оборудование компании Summa делает процесс изготовления дорожных знаков оперативным, производительным, надежным и высокорентабельным, а продукцию предприятий качественной и востребованной.

Фирма ЛИР, являющаяся официальным дистрибьютором компаний Mutoh и Summa на территории Российской Федерации, осуществляет комплексное и поэтапное внедрение их высокотехнологичного оборудования для автоматизированного производства дорожных знаков и указателей. Оборудование сертифицировано, соответствует отечественным стандартам и успешно работает на больших и малых предприятиях России, а также ближнего и дальнего зарубежья.

За дополнительной информацией, а также по вопросам приобретения оборудования и его запуска в работу обращайтесь к специалистам Фирмы ЛИР по телефонам +7 (495) 363-6790 или 8-800-200-6790 (звонок бесплатный) или на сайте [www.ler.ru](http://www.ler.ru).

**Евгений Люшин,  
Алексей Капранов,  
Наталья Ануфриева**  
E-mail: [lushin@ler.ru](mailto:lushin@ler.ru),  
[kapranov@ler.ru](mailto:kapranov@ler.ru)

# Océ PlotWave 345

# Océ PlotWave 365

производство

архитектура

машиностроение

строительство

**ШИРОКОФОРМАТНЫЕ  
ПРИНТЕРЫ, СПЕЦИАЛЬНО  
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ  
ПРИЛОЖЕНИЙ САПР,  
РАБОТАЮЩИХ В СФЕРАХ  
ПРОИЗВОДСТВА, АРХИТЕКТУРЫ,  
МАШИНОСТРОЕНИЯ  
И СТРОИТЕЛЬСТВА.**



Монохромные принтеры или multifункциональные устройства Océ PlotWave 345 и Océ PlotWave 365 позволяют надежно, просто и экономически эффективно создавать высококачественные, устойчивые к внешнему воздействию технические документы, благодаря чему пользователи могут уделять все свое внимание основной работе.



**Фирма ЛИР®**

Москва, Варшавское шоссе, д. 33

Тел.: +7 (495) 363-67-90,

8 (800) 200-67-90 (бесплатно для регионов России)

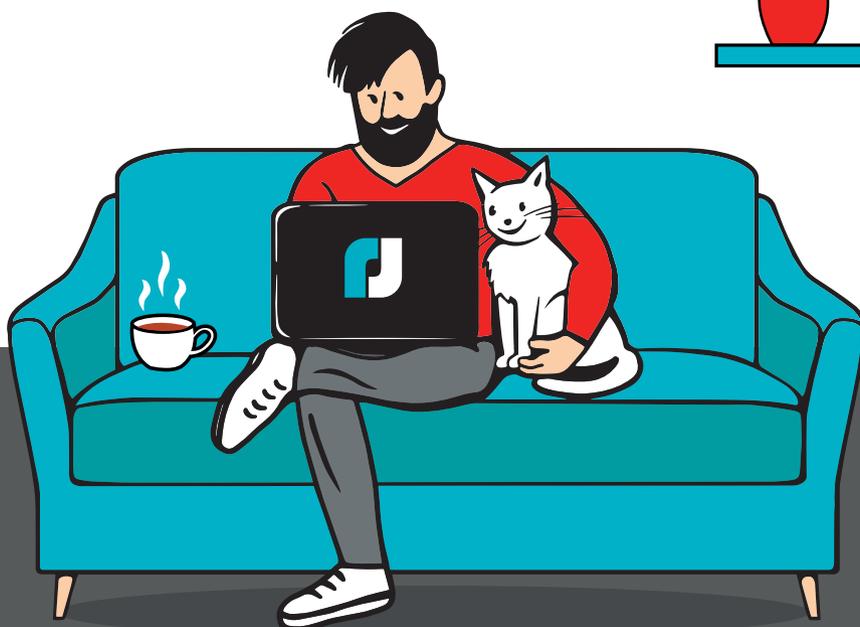
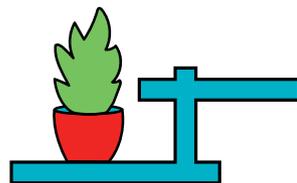
[www.ler.ru](http://www.ler.ru)



# ИНЖЕНЕРНАЯ ONLINE-ШКОЛА

102 online-урока по отраслевому проектированию:

- Гражданское строительство и архитектура
- Машиностроение
- Промышленное 3D-моделирование
- Приборостроение
- Землеустройство
- BIM-проектирование



Учитесь online или смотрите в записи на [online.nanosoft.ru](https://online.nanosoft.ru)