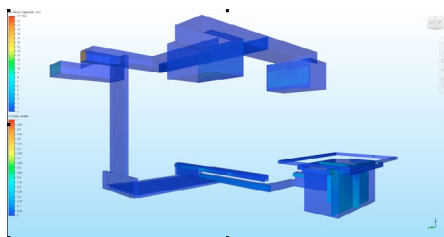


ОРГАНИЗАЦИЯ  
ООО «СТЭП ЛОДЖИК»

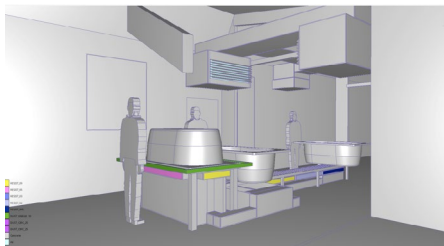
РЕГИОН  
Россия, Москва  
РЕШЕНИЯ И СЕРВИСЫ  
Autodesk CFD  
Autodesk Revit

«Без CFD-моделирования заказчик не смог бы реализовать оптимальную вентиляционную систему с первого раза. Пришлось бы тестировать конфигурации готовых систем, что на 2-3 месяца задержало бы ввод цеха в эксплуатацию и привело бы к удорожанию проекта на 200-300%».

**Вадим Каллз,**  
заместитель начальника  
отдела проектирования  
инженерных систем  
ООО «СТЭП ЛОДЖИК»



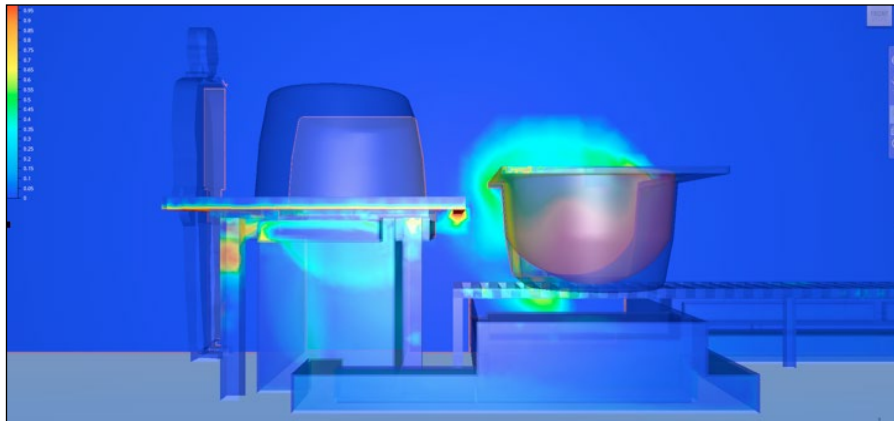
Расчётная модель системы местной приточно-вытяжной вентиляции. Изображение предоставлено СТЭП ЛОДЖИК



3D-визуализация расчётной модели в CFD. Изображение предоставлено СТЭП ЛОДЖИК

# Моделирование загрязнения воздуха в CFD

Решение нестандартной задачи с помощью симуляции аэродинамических процессов



Результаты моделирования в CFD. Распределение пыли в вертикальном сечении. Изображение предоставлено СТЭП ЛОДЖИК

Компания СТЭП ЛОДЖИК – сетевой и системный интегратор с 26-летней историей успешной работы на российском рынке ИТ. С 2016 года компания использует в работе информационное моделирование. А в 2018 году внедрила Autodesk CFD для симуляции теплофизических процессов, в частности настройки систем кондиционирования.

В 2019 году в СТЭП ЛОДЖИК обратилась производственная компания с нестандартным запросом. В одном из ее цехов проводилась обработка изделий путем сверления и шлифовки, в ходе чего выделялась мелкодисперсная пыль. Нужно было смоделировать поле распространения пыли и разработать наиболее эффективную систему её удаления.

Технические специалисты компании-заказчика привыкли использовать 3D-инструменты для моделирования и расчета. Поэтому в качестве результата работы СТЭП ЛОДЖИК они также хотели видеть 3D-визуализации оборудования и воздушных потоков. «CFD идеально подходит для решения нестандартных задач, – говорит Вадим Каллз, заместитель начальника отдела проектирования инженерных систем СТЭП ЛОДЖИК. – Но в открытых источниках мы не нашли каких-либо практически применимых материалов по моделированию движения пыли с учётом систем вентиляции. Фактически технологию подобного расчёта в CFD пришлось создавать самостоятельно на базе общих рекомендаций по проектированию».

## Подбор технологий и разработка процессов

Для 3D-моделирования вентиляционных систем и ограждающих конструкций плани-

ровалось использовать Autodesk Revit, для расчетов загрязнений и систем вентиляции – Autodesk CFD.

Работа началась с моделирования помещения. Были учтены все особенности его геометрии – колонны, ригели. В помещении было размещено оборудование, столы и даже фигуры людей на их реальных рабочих местах. Затем в первом приближении, без детализации была спроектирована система местной вытяжной и приточной вентиляции. После чего специалисты экспортировали полученную геометрию в Autodesk CFD для предварительного расчета. Всего впоследствии было выполнено три итерации по подбору конструкции вентиляционных систем, на каждой последующей итерации специалисты учитывали данные CFD-расчета и детализировали системы.

## Моделирование потоков

Чтобы перейти к моделированию, специалисты СТЭП ЛОДЖИК выяснили у заказчика степень дисперсности пыли, которая появляется в результате производственных работ в цеху, определили коэффициент ее диффузии. В упрощенной 3D-модели цеха отметили точки генерации пыли, в которых задали предельную концентрацию. Воздуховоды, забирающие и подающие воздух через пол и стены помещения, смоделировали упрощенно. Для вытяжной системы был задан определенный расход в первом приближении, приточным решеткам назначены граничные условия. Таким образом, в модель были внесены базовые граничные условия, что позволило провести первичное моделирование воздушных потоков

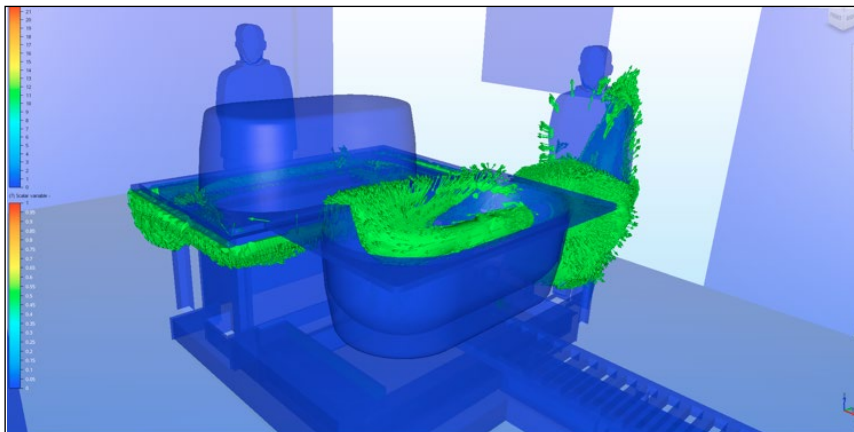
# Расчет базовой системы вентиляции занял всего полчаса

и наложить на них распределение пыли. Этот расчет занял не более получаса. Полученные данные позволили уже на этом этапе изменить базовую конфигурацию оборудования и приступить к его более детальной проработке.

## От простого к сложному: детализация

«На этапах второй и третьей итерации мы меняли местоположение воздухозаборных устройств, приближали их к местам выделения пыли, оптимизировали их конструкцию, а также модифицировали приточную систему, чтобы не допустить больших скоростей воздушных потоков в рабочей зоне», – рассказывает Вадим Каллэ.

Изначальный план конфигурации вентиляционной системы, предложенный заказчиком, значительно изменился. Часть правок была сделана в процессе моделирования в Autodesk Revit. Например, пришлось изменить местоположение вытяжных решеток под конвейером, поскольку они мешали подходу к оборудованию. Большинство же изменений провели по результатам расчетов в CFD. «В частности, в результате работы в CFD мы добились гарантированного удаления пыли из помещения, – говорит Вадим Каллэ. – Изначальная конфигурация приточной



CFD, изоповерхность концентрации 40% с векторами скорости на поверхности. Изображение предоставлено СТЭП ЛОДЖИК

## Преимущество – скорость

«Расчет базовой системы занял всего полчаса, а каждый расчет системы в высокой детализации, включающей 2 млн элементов, – 3 часа, – рассказывает Вадим Каллэ. – Хотя общий размер цеха был относительно небольшим, около 120 м<sup>2</sup>, мы имели дело со сложной конфигурацией потока, что требовало высокого разрешения сетки.»

## В целом на работу было потрачено 2 недели.

Большая часть этого времени пришлось на проектирование системы в Autodesk Revit в высокой детализации. Необходимо было

щесее решение. Пришлось бы безо всяких на то оснований увеличивать детализацию проекта и считать в разы дольше».

Второй инструмент – Scalar Mixing, позволяющий проводить моделирование распределения любого вещества в жидкой или газообразной среде с заданной концентрацией и скоростью диффузии, в данном случае – распределения пыли в воздухе. Эксперт отмечает и базовые расчетные инструменты CFD для проведения расчетов методом конечных элементов и создания наглядной визуализации распределения скоростей и концентраций в динамике.

## Задачи

- Моделирование системы удаления пыли
- Симуляция распределения пыли в воздухе
- Автоматическое упрощение модели Revit перед симуляцией в CFD

системы давала в модели горизонтальный поток. Воздух фактически растекался по помещению и только потом окружным путем попадал в вытяжные решетки. Нам же хотелось, чтобы поток был направлен непосредственно от приточных решеток большого сечения в зону, где выделяется пыль. Перераспределив вытяжные решетки и изменив направление лопаток на приточной системе, мы получили поток, который захватывал не все помещение, а исключительно зону, где выделяется пыль. Именно такую задачу и ставил заказчик».

С помощью CFD для системы был найден оптимальный расход воздуха, определены требуемое разряжение вытяжной системы, мощность вентилятора и другие параметры. Моделирование помогло добиться нормированной скорости воздушного потока, которую должна была обеспечить система вентиляции в рабочей зоне.

## Решения

- 3D-моделирование в Autodesk Revit и симуляция потоков в Autodesk CFD
- Встроенный в CFD инструмент Scalar Mixing
- Active Model Assesment Tool

создать замкнутую 3D-геометрию, сложную конфигурацию воздухопроводов, статических камер со всеми решетками, а также их внутренний объем для моделирования потока; далее – проверить и устранить коллизии, чтобы модель безошибочно работала в CFD, не допускающем пересечений геометрии.

## Инструменты CFD

Вадим Каллэ отмечает два инструмента Autodesk CFD, которые были наиболее полезны в работе над проектом. С помощью первого, Active Model Assesment Tool, специалисты СТЭП ЛОДЖИК устранили в модели Revit лишнюю детализацию, упростили геометрию перед загрузкой в CFD. Вадим Каллэ: «Мы могли пропустить узкие грани, незначительные промежутки, невидимые глазу, которые не влияли на расчет, однако значительно его усложняли. Так, в «узких» местах CFD мог смоделировать мелкую сетку, которая не позволяла получить сходя-

## Итоги проекта

Результатом работы стали сечения, визуализации с распределением полей скоростей и концентрации пыли. Для наглядной демонстрации процессов в цеху на основе 3D-модели был записан целый ряд видеороликов. После того как решение было согласовано, СТЭП ЛОДЖИК выполнил рабочую документацию на системы вентиляции. На её основе было заказано, произведено и смонтировано оборудование.

Вадим Каллэ оценивает преимущества работы с CFD: «**Всего за 2 недели** мы нашли оптимальные решения для вентиляции и удаления загрязнений. Ещё на этапе 3D-модели мы провели испытание в нашей виртуальной лаборатории. Без CFD-моделирования заказчик однозначно не смог бы реализовать оптимальную вентиляционную систему с первого раза. Мы проводили итерации для 3D-геометрии и граничных условий в CFD, без применения CFD пришлось бы изменять конфигурацию готовых, смонтированных систем вентиляции, что **на 2-3 месяца задержало бы ввод цеха в эксплуатацию и привело бы к удорожанию проекта на 200-300%**».

<https://autodesk.com/products/cfd/overview>