

Тео Шроотен, Ральф Эссер, Кристина Кноп, Астрид Кёгель, Гуннар-Марсель Кляйн
Intensiv-Filter GmbH & Co. KG, Вельберт-Лангенберг/Германия

Оптимизация компонентов завода при помощи моделирования потока

1 Введение

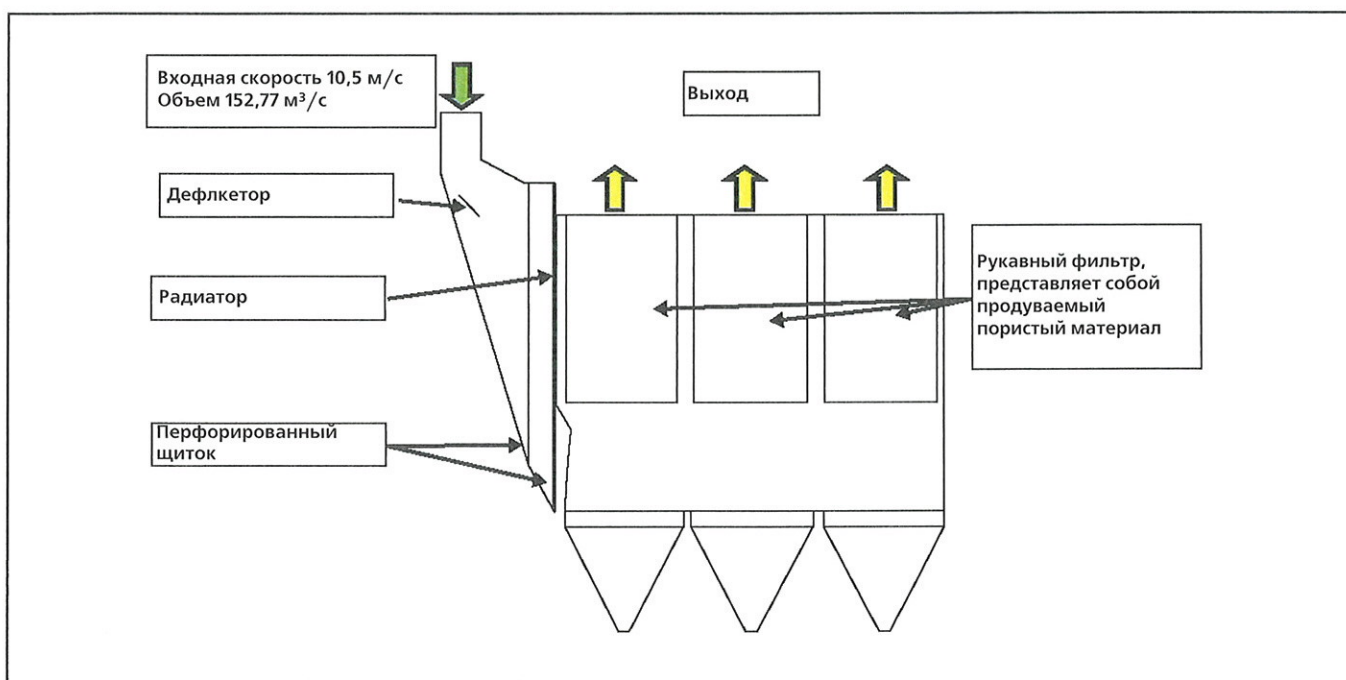
CFD (вычислительная гидродинамика) позволяет прогнозировать поведение системы в деталях, значительно превышая в точности традиционные дорогостоящие экспериментальные методы. Процессы теплопереноса, потери давления, профили скорости, замеры скорости частиц, поведение потока и процессы испарения изучаются при помощи CFD-моделирования. Программы моделирования CFD развились в мощный инструмент анализа и оптимизации работы технологических компонентов промышленного предприятия.

Сегодня процессы развития должны быть эффективными и экономичными. Эффективное компьютерное моделирование является альтернативой дорогостоящему традиционному процессу, включающему фазу конструкторской разработки, изготовление прототипа и экспериментальную оценку (проводимую в несколько циклов). Моделирование

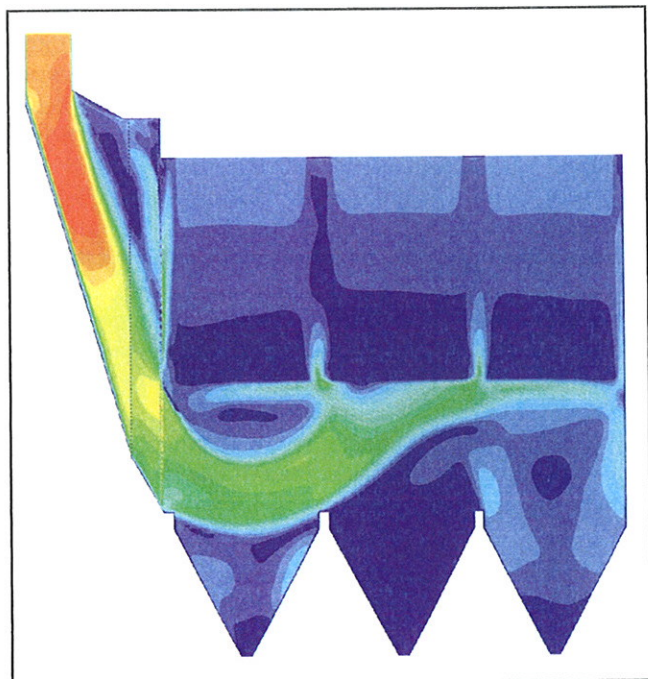
CFD основано на методах цифровой гидромеханики, суть которых — в решении задач гидромеханики приближенным применением цифровых методик. Используемые модели строились на основе уравнений Навье-Стокса, Эйлера и уравнения потенциалов. В компании Intensiv-Filter, оптимизация работы рукавных фильтров и других компонентов завода была проведена при помощи сетевой 3D CAD системы (SolidWorks) и местной программы CFD-моделирования (CFX). В данном случае достигли максимального синергизма на всех этапах процесса. После завершения подготовительного этапа реальный расчет потока выполнялся ночью на высокопроизводительных ПК.

В компании Intensiv-Filter типичный процесс оптимизации работы оборудования с использованием CFD-метода выглядит следующим образом:

- формирование 3D геометрии (программа SolidWorks),
- подготовительный этап.



1 Переоборудование электрофильтра в рукавный фильтр: параметры оптимизации конструкции



2 Моделирование потока – основной вариант

Подготовительный этап:

- импорт 3D геометрии,
- генерация твердых частиц, проносимых насквозь, оптимизация острых углов и краев,
- генерация сетки,
- ввод оперативных параметров и свойств материала,
- определение потока,
- определение граничных условий,
- запуск программы, моделирующей поток.

Этап, следующий за вычислением: оценка и визуальное представление результатов.

Далее следует пример, демонстрирующий интеграцию моделирования потока в процесс инжиниринга и конструкторской разработки, основанный на реальном обеспыливающем оборудовании.

2 Изучение конкретного примера: компания Deuna Zement GmbH, Германия

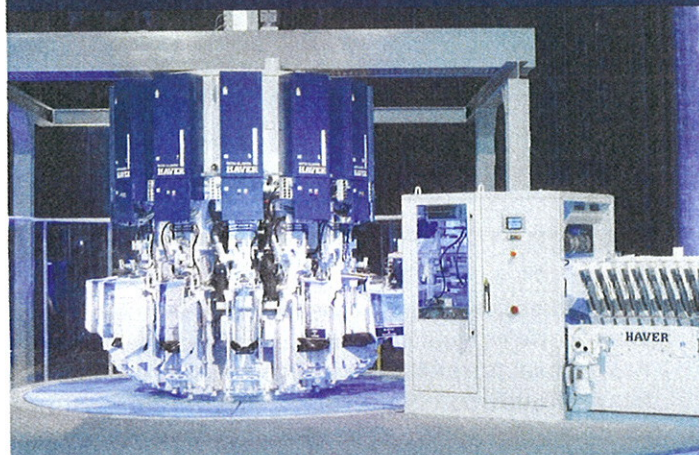
Для удаления пыли из вращающейся печи завода компании Deuna Zement GmbH существующий электрофильтр был переоборудован в рукавный фильтр. Вместе с дальнейшим использованием корпуса старого электростатического пылеуловителя фильтрующая способность была увеличена до $60 \text{ м}^3/\text{м}^2/\text{ч}$. Для этого в отличие от обычной модернизации электростатических пылесборников все пространство, наполняемое газом, было заполнено рукавами.

Из-за пространственных ограничений можно было ожидать неблагоприятных входных параметров газа, паразитного потока в пылесборную камеру и восходящего потока в пакеты рукавов. Моделирование потока должно было дать информацию о том, какие изменения следует произвести во входной зоне.



HAVER & BOECKER

Превосходство в технологиях фасовки и упаковки



HAVER ROTO CLASSIC®

- высокая производительность
- экологичность
- удобство техобслуживания
- экономичность
- модульная конструкция
- компактный дизайн

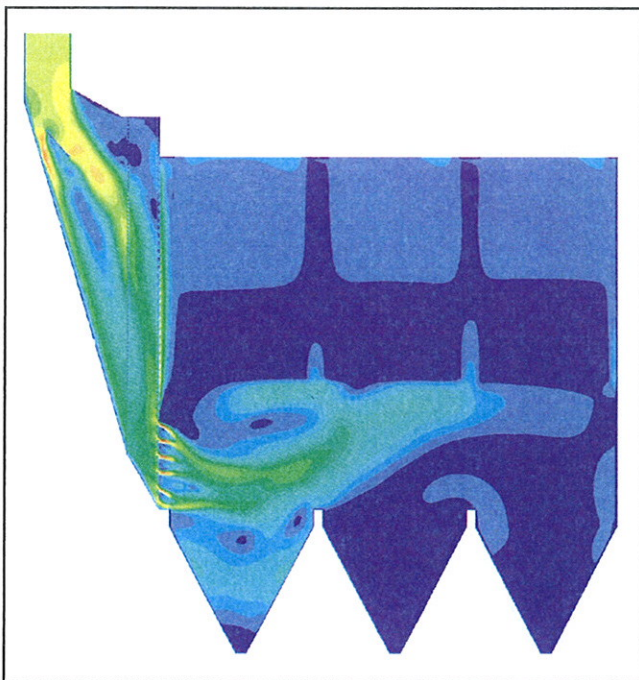
HAVER & BOECKER, Germany • www.haverboecker.com

Филиал HAVER & BOECKER
в России, Москва:

Телефон/факс : +7 (495) 7 83 34 48

www.haverrussia.ru

Символ © обозначает зарегистрированную в Германии торговую марку компании HAVER & BOECKER OHG. Некоторые из упоминаемых торговых марок зарегистрированы также и в других странах мира. M 913-R4



3 Моделирование потока – оптимизированный вариант

Преследовалась цель создать равномерный поток, входящий в рукава, путем комбинирования поперечного потока и минимизированного (но не исключенного полностью) восходящего потока. Для этой цели были рассмотрены различные варианты конструкции дефлекторов и радиаторов (рис. 1).

2.1 Результаты

Первые результаты моделирования показали (рис. 2), что скорость потока в первом пылесборном бункере достигала приблизительно 10 м/с. После этого установили дефлекторы для достижения более равномерного распределения и снижения максимальной скорости потока.

На следующем этапе были оптимизированы входные потоки в фильтрующие элементы с целью снижения скорости во входной и мертвой зонах, где возникали турбулентности и обратные потоки. Соответственно, снижался и уровень повреждений, наносимых рукавам абразивной пылью. Была применена специальная система направляющих радиаторных пластин, разработанных компанией Intensiv-Filter, что привело к желаемой оптимизации поведения входного потока.

На завершающем этапе проверили равномерность распределения объемного расхода под пакетами фильтрующих рукавов. Было получено резкое снижение восходящих потоков, циркулирующих вокруг фильтровальных рукавов, а также значительно улучшена ситуация с поперечными потоками. Таким образом решили задачу оптимальной утилизации фильтровальной поверхности и достигли наилучшей эффективности системы очистки (рис. 3).

Результатом оптимизации потока явились:

- однородный характер распределения потоков вокруг фильтровальных рукавов и утилизация фильтровальной поверхности путем получения желаемого распределения поперечных потоков;
- однородная и низкая скорость потока во всей области распределения сырого газа;
- минимизация восходящих потоков между рукавами;
- значительное снижение сопротивления осадка на фильтре в результате снижения перепада давлений;
- снижение эксплуатационных затрат.

Однородность входного потока и низкий перепад давлений на фильтре также были подтверждены на практике.

3 Изучение конкретного примера:

компания Carpatcement, завод Biczaz, Румыния

Компании Intensiv-Filter на цементном заводе Biczaz в Румынии удалось переоборудовать электрофильтр в рукавный фильтр и провести обеспыливание мельницы для сырьевых материалов, системы транспортировки клинкера и дозирующей клинкерной системы. Intensiv-Filter также была дополнительно привлечена для оптимизации работы существующего холодильника. Чтобы получить основные данные для этой работы, сначала было необходимо произвести CFD-анализ всего предприятия.

3.1 Результаты

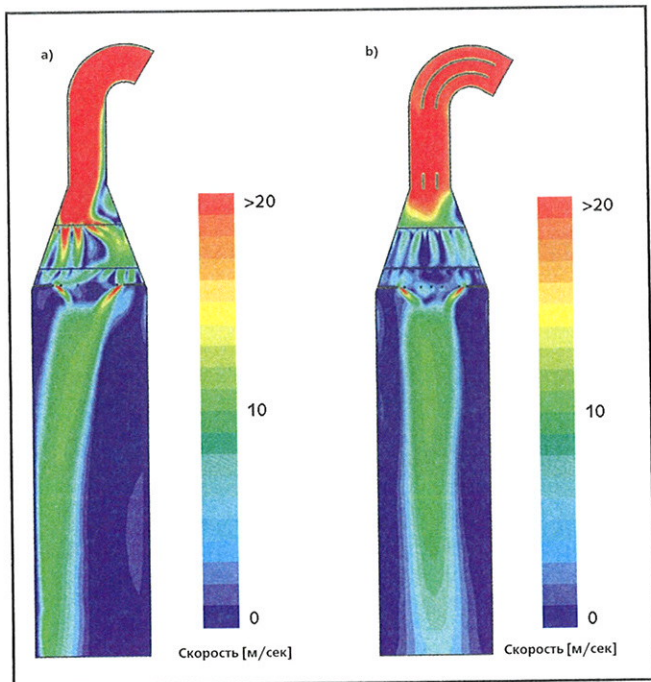
Рис. 4а и 5а иллюстрируют поведение потока и температурный профиль до проведения оптимизации. Изгиб трубы вверх от испарительного холодильника являлся причиной асимметричного потока и распределения температуры в зоне испарения, хотя контакт жидкой фазы и пыли на стене предотвратить невозможно.

В результате оптимизации, проведенной на основе CFD-моделирования, поток из холодильника был направлен через центр верхнего конуса при помощи дефлекторов (рис. 4б и 5б). Путем размещения трубопровода за перфорированные щитки достигли симметричности потока без контакта на стенках в дисперсионной фазе в холодильнике. Эта мера улучшает и оптимизирует процесс испарения распыляемых капель воды, таким образом, обеспечивая надежную и полноценную работу расположенного далее рукавного фильтра. Другим преимуществом является предотвращение забивания пылью корпуса холодильника и его выпускной системы.

В целом, меры, предпринятые в результате проведенного моделирования потока, увеличили эффективность энергопотребления всей технологической цепочки и повысили безотказность работы.

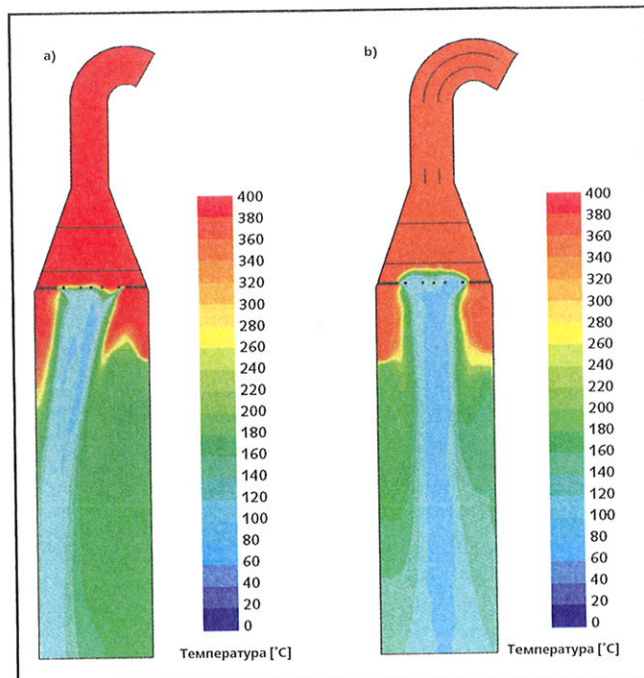
4 Заключение

В настоящее время эффективные коммерческие программные пакеты моделирования CFD способ-



4 Скорость до (а) и после (б) оптимизации

ны проводить термодинамический анализ потоков и давать в результате план оптимизации технологических компонентов предприятия. Ключ к эффективному решению специфических задач, поставленных заказчиком, — это тесное взаимодействие программ CFD и систем CAD. Поэтому разработчики компании Intensiv-Filter решили проводить расчеты по CFD-моделированию непосредственно на предприятии, сформировав для этого команду экспертов. Кроме ускорения процесса во время инженерных и конструкторских работ по



5 Температура до (а) и после (б) оптимизации

проектированию оборудования для промышленного обеспыливания, программы CFD также служат инструментом для фундаментальных исследований. Благодаря этому компания Intensiv-Filter может показать на любом этапе процесса, начиная от источников выбросов до их утилизации, свою высочайшую компетентность в разработке энергосберегающих типов рукавных фильтров и фильтровальных установок.

www.intensiv-filter.com

**Мы продвигаем
ваши идеи**

bau|||verlag
We give ideas room to develop