



ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ

К.С. ТАВАСТШЕРНА
Технический директор
ООО «Петроплан Инжиниринг»

Современные подходы к проектированию гидравлических зданий и сооружений

Зачастую правильность решений и расчетов, заложенных в проекты гидравлических сооружений, создаваемых специалистами-проектировщиками в области водоснабжения и водоотведения, можно проверить уже после того, как проект реализован на практике: построены все здания, установлено оборудование и произошел запуск системы. На этом заключительном этапе все возможные ошибки уже сложно и дорого исправить: затруднительно уменьшить или увеличить габариты монолитных элементов конструкций, экономически невыгодно заменить одно технологическое оборудование на другое.

Для обретения уверенности в принятых решениях для такой переменчивой среды, как вода, имеется возможность проверить проекты с помощью анализа, известного в мировой практике как CFD — *Computational Fluid Dynamics*, или компьютерное гидравлическое моделирование.

Метод CFD — это математическое моделирование гидродинамики потоков, позволяющее путем численного решения основных уравнений гидродинамики определить для конкретного сооружения структуру потока (поля скоростей и давлений), включая двухфазные системы с подачей воздуха.

Применение этого метода позволяет достичь высокого уровня точности в предсказании гидравлических потоков и переноса водных масс в заданном резервуаре путем визуализации происходящих процессов и анализа скоростей. Таким образом становится возможным проверить проектные решения для городских очистных сооружений (например, технологии перемешивания в аэротенках), оптимизировать расположение насосных агрегатов, водоотбойных перегородок в резервуарах крупных насосных станций. Несмотря на то, что выполнение подобного компьютерного моделирования подразумевает определенные финансовые и временные затраты, его результаты помогут внести существенные коррективы в проект, подсказать наилучшее решение и обезопасить конечного заказчика от возможных проблем в случае ошибочных расчетов на стадии проектирования. Именно поэтому метод CFD используется в первую очередь в случаях, когда применение традиционных методов, основанных на рекомендациях по проектированию сооружений и расстановке оборудования, не может полностью гарантировать оптимальный результат.

CFD-анализ обычно проходит в несколько этапов:

- моделирование геометрии резервуара (рис.1);
- сбор и обработка данных о потоках и процессах с целью соответствия модели условиям проекта или эксплуатации;

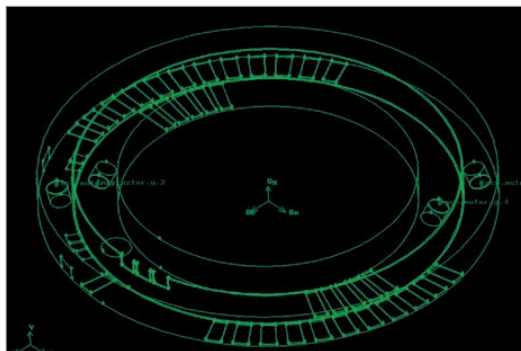


Рис. 1 Моделирование геометрии резервуара

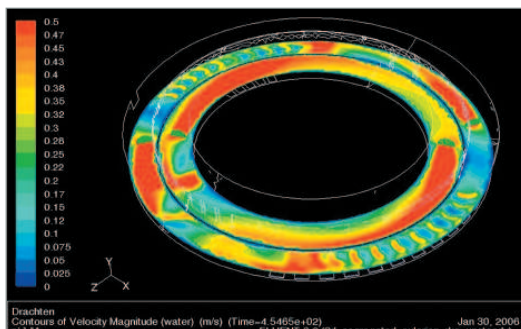


Рис. 2 Визуализация гидравлических потоков и распределения скоростей

- пошаговая разработка компьютерной сетки на основе информации из предыдущего пункта;
- анализ распределения скоростей, визуализация образовавшихся потоков и поиск решения (рис. 2);
- послерасчетная обработка данных;
- составление итогового отчета.

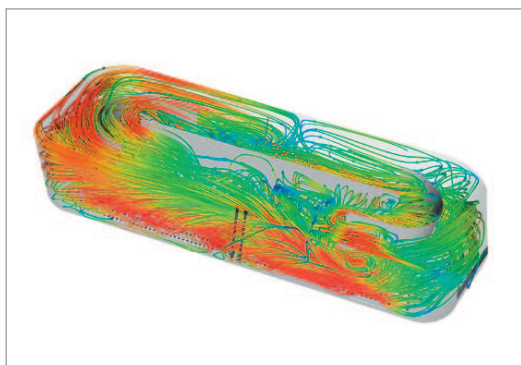


Рис. 3 Детализация структуры потока в аэротенке



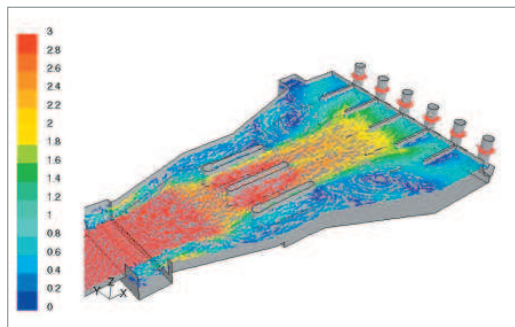


Рис. 4а Исходный проект, предложенный заказчиком

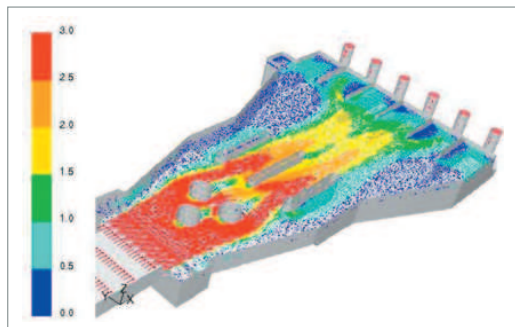


Рис. 4б Поиск решения

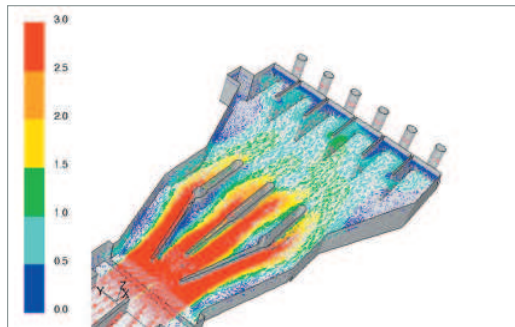


Рис. 4в Итоговое решение

Цветная шкала скоростей на схемах позволяет определить застойные зоны, зоны с малой, средней и наивысшей скоростями потока. Анализ цветовой диаграммы (рис. 3) позволяет определить имеющиеся проблемные зоны и предложить выход из ситуации. Моделируя объект в целом, можно сравнить результаты гидравлических процессов, сформулированные на стадии разработки документации, с результатами гидравлических процессов, которые в действительности будут происходить при запуске системы.

Приведем несколько примеров того, как CFD-анализ был применен на практике и помог принять грамотное решение.

На рис. 4 — проект одной из крупных станций в Китае. Исходный проект (4а): мощные потоки в центре и застойные зоны по краям. Поиск решения (4б): добавление элементов в исходную систему перегородок. Итоговое решение (4в): модификация и удлинение базовых потоконаправляющих перегородок позволяет снизить скорости и добиться равномерного распределения потоков в резервуаре.

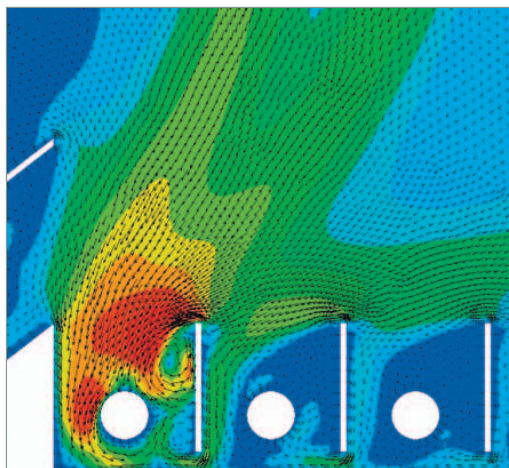


Рис. 5а Распределение гидравлических потоков в насосной станции



Рис. 5б Воронка в секции насосной станции

На другой насосной станции с помощью CFD было определено образование вихревых потоков в резервуаре (рис. 5а). На практике воронка имела в той же самой зоне (рис. 5б).

Метод CFD удобен и для проверки конструктивных решений такой важной части очистных сооружений, как аэротенки, в которых малейшая

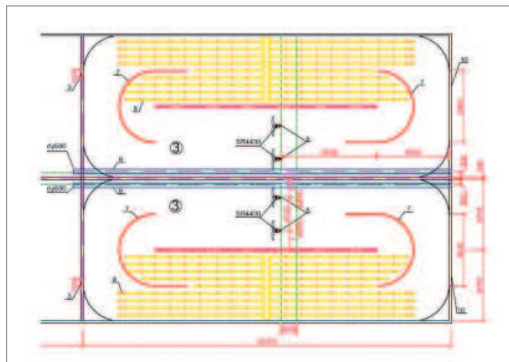


Рис. 6 Чертеж аэротенки из проектной документации



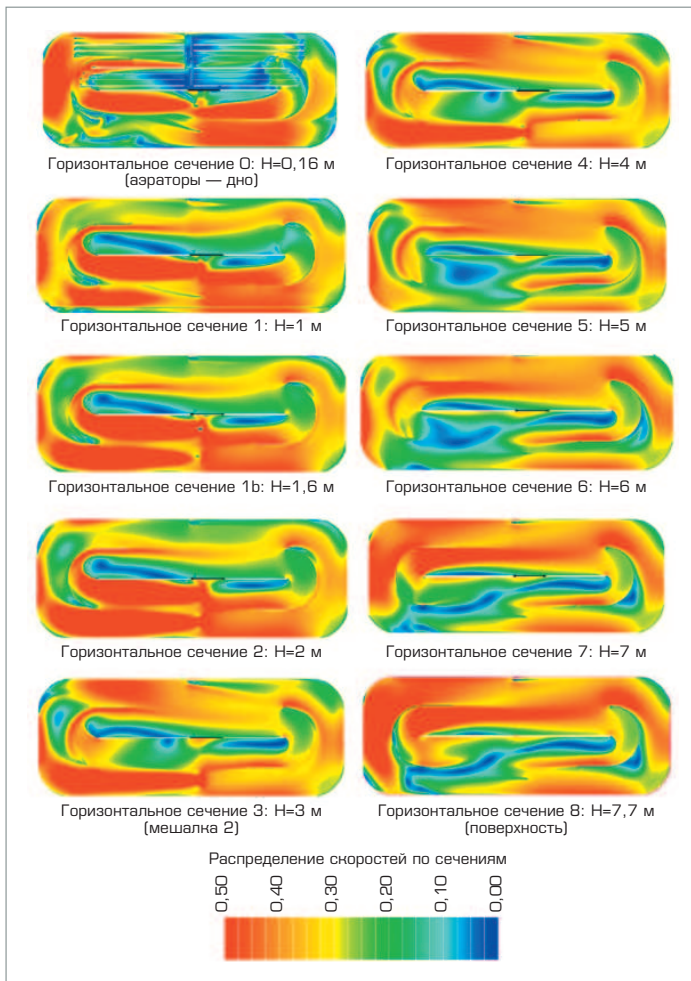


Рис. 7 Распределение скоростей по горизонтальным сечениям аэротенка

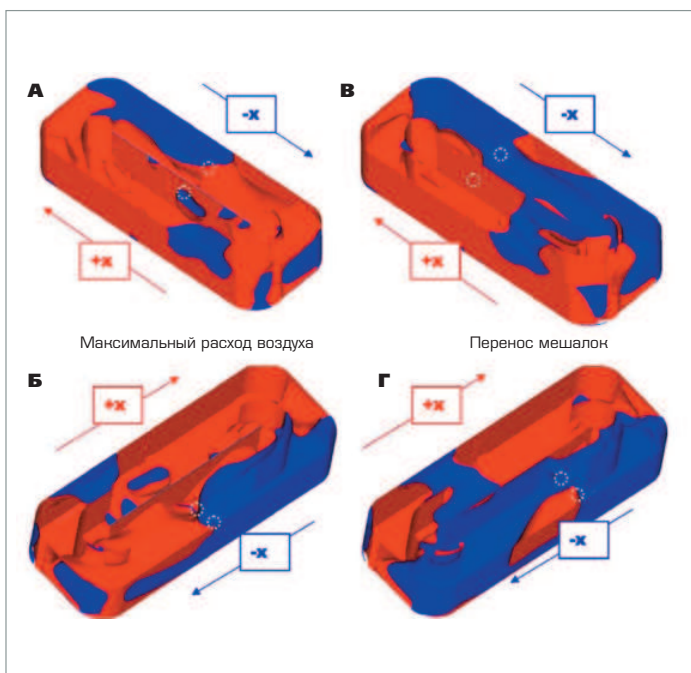


Рис. 9 Изменение распределения горизонтальных скоростей при максимальном расходе воздуха и при переносе мешалок.

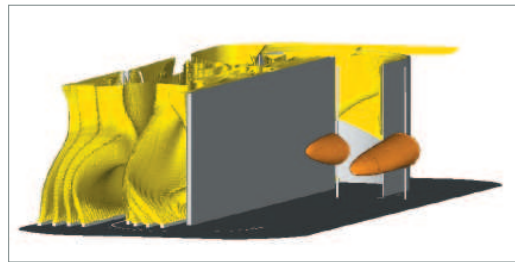


Рис. 8 Моделирование распределения удельных объемов воздуха в аэротенке

ошибка в технологии может свести на «нет» общую схему очистки сточных вод. CFD позволяет не только увидеть все потоки, как воздушные, так и гидравлические (рис. 6), но и определить правильную ориентацию мешалки (угол установки) и место расположения мешалки в резервуаре. Тем самым можно оптимизировать положение и мешалок, и аэрационной системы, которые на этапе проектирования подбираются и рассчитываются с помощью специализированного программного обеспечения со стандартными коэффициентами сопротивлений (рис. 7). С помощью CFD также можно оптимизировать влияние горизонтального потока жидкости на распределение воздуха и эффективность работы аэрационной системы в целом (рис. 8).

В подобном случае при моделировании аэротенка с системой аэрации на основе заданных показателей начальных условий расхода можно выделить следующие этапы:

- моделирование существующей конструкции резервуара аэротенка в отсутствие подачи воздуха;
- моделирование в условиях подачи максимального количества воздуха;
- оптимизация схемы расположения мешалок и аэрационной системы;
- оценка влияния горизонтального потока жидкости на распределение воздуха (рис. 9).

Так, например, проведенный в Швеции CFD-анализ проекта новых КОС в г. Электросталь (Ногинский р-н Московской обл.) указал на недочеты, допущенные при проектировании нестандартного резервуара аэротенка карусельного типа, включающего плети пневматической системы аэрации с продольной рециркуляцией иловой смеси. В частности, путем наиболее простых конструктивных изменений — переноса и поворота мешалок, а также оптимизации глубины их установки, удалось добиться оптимальных условий перемешивания при средней скорости горизонтального потока 0,29–0,31 м/сек, а также были рекомендованы к установке 4 дополнительные мешалки для перемешивания всплывающих веществ. Все это повлекло за собой внесение изменений в проектную документацию и пересмотр оборудования для других элементов системы.

Применение современных подходов к проектированию гидравлических зданий и сооружений и постепенное внедрение их в инструментарий специалистов позволит поднять уровень проектирования в России на новый качественный уровень и избежать дополнительных затрат на исправление допущенных технологических недочетов, которые могут обнаружиться при непосредственной реализации проекта в жизнь. ☹

