

А.В.Карпов¹, И.А. Рыбкин¹, Фарзалиев Э.Физули – Оглы¹

¹Иркутский государственный университет путей сообщения,
Иркутск, Российская Федерация

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СУСПЕНЗИЙ (СМЕСЕЙ) В ОГРАНИЧЕННОМ ОБЪЁМЕ

Аннотация. В статье рассматривается возможность использования программных обеспечений таких как «Компас 3D» для решения задач, таких как анализ и моделирование многокомпонентных суспензий (смесей). Использование этого программного обеспечения позволяет точно создавать виртуальную модель реальных жидкостей и смесей.

Ключевые слова: Суспензии, течения жидкостей и смесей, моделирование, гидросистемы, «Компас 3D».

A.V.Karpov¹, I.A. Rybkin¹, Farzaliev Emil Fizuli-Ogly¹

¹Irkutsk state university of railways,
Irkutsk, Russian Federation

Modeling the flow of multicomponent suspensions (mixtures') in a limited volume

Abstract. The article discusses the possibility of using software such as "Compass 3D" for solving problems such as analysis and modeling of multicomponent suspensions (mixtures). Using this software allows you to accurately create a virtual model of real liquids and mixtures.

Keywords: suspensions, flows of liquids and mixtures, modeling, hydraulic systems, "Compass 3D".

Введение

Гидродинамика является основой многих прикладных наук, в том числе связанных с проектированием и эксплуатацией водного транспорта и гидротехнических сооружений. Законы гидродинамики человечество постигало в течение всей своей истории, совершенствуя обводы и движители кораблей, создавая водяные мельницы, портовые сооружения, каналы, шлюзы, водопроводные системы и пр. Крупнейшие учёные создавали науку о движении жидкостей. Леонардо да Винчи, Г. Галилей и И. Ньютон исследовали сопротивление воздуха и воды движению тел. Л. Эйлер вывел дифференциальные уравнения движения жидкости, создал основы теории корабля. Лагранж писал в 1788 г.: «Мы обязаны Эйлеру первыми общими формулами для движения жидкостей.... Благодаря этому открытию вся механика жидкостей свелась к вопросу анализа этих уравнений...». Однако анализ уравнений гидродинамики оказался настолько сложным, что оказался возможным только на основе упрощений – гипотез (например, несжимаемости, невязкости, сплошности и др.). В ряде случаев уравнения Эйлера были проинтегрированы, но, вопреки мнению Лагранжа, результаты расчётов резко расходились с наблюдениями. Эти несоответствия теории и практики, названные «парадоксами», до сих пор являются предметом многих шуток, например: «среди гидродинамиков есть инженеры, которые видят, но не могут объяснить, и математики, которые объясняют то, что нельзя увидеть»; «можно изучать гидродинамику, не зная, что вода мокрая». Таким образом, в гидродинамике выделились два направления: *теоретическое* и *экспериментальное*. До сих пор теоретические и численные результаты не всегда соответствуют опытам. Это не значит, что математические модели неверны и их не следует изучать. Без знаний теории невозможно понять и систематизировать многообразие движений в жидкости. Но теоретические знания и результаты расчётов обязательно необходимо сопоставлять с экспериментальными данными. Такие сопоставления позволяют выявить расхождения теории и практики и ввести поправки к расчётным формулам, построить инженерные методики. Развитие науки в этом направлении привело к появлению технической гидромеханики и её частных разделов: гидродинамики и теории корабля, аэродинамики, гидравлики и др. По мере развития гидродинамики её

математические модели уточнялись, но при этом усложнялись, и их анализ стал невозможен без применения численных методов и компьютерных технологий. Так появилась вычислительная гидродинамика (CFD – Computer Fluid Dynamics). На основе её вычислительных алгоритмов созданы мощные компьютерные программы, позволяющие обычным инженерам и студентам виртуально экспериментировать с самыми сложными течениями жидкостей [1].

Актуальность подтверждается тем, что знание и анализ потоков сложных смесей в ёмкостях и гидросистемах позволяет контролировать эти потоки и применять в жизни на реально существующих моделях.

Уже не первый год существуют разные методы моделирования и анализа потоков жидкостей и суспензий. Многие программы, такие как ANSYS Fluent, SolidWorks или Компас 3D v18 позволяют решать данные задачи, без затруднений. Отечественный «софт» Компас 3D v18 (КомпасFlow), имеет все информационные ресурсы, чтобы без труда вести расчёт и анализ потоков суспензий (смесей).

Моделирование

Прямое измерение результатов в контролируемых условиях всегда будет более надёжным, чем смоделированные оценки результатов, но модели обычно используются, когда невозможно или непрактично создавать условия, при которых ученые могут непосредственно измерять результаты.

В КОМПАС-3D v18 интегрировано приложение KompasFlow – инструмент для моделирования течений жидкостей и газов. Функциональность KompasFlow, представляет собой, адаптированную для конструктора, версию программного комплекса FlowVision (KompasFlow и FlowVision разработаны в инжиниринговой компании ТЕСИС (<http://tesis.com.ru/>)) Пользователи КОМПАС-3D имеют возможность попробовать использование KompasFlow для решения собственных гидродинамических задач в рамках открытого бета-тестирования новой версии КОМПАС-3D v18 [2].

Пример моделирования суспензий (смесей)

На рисунке 1 представлена твердотельная модель водопроводного крана, в виде сборки, построенной в КОМПАС-3D.

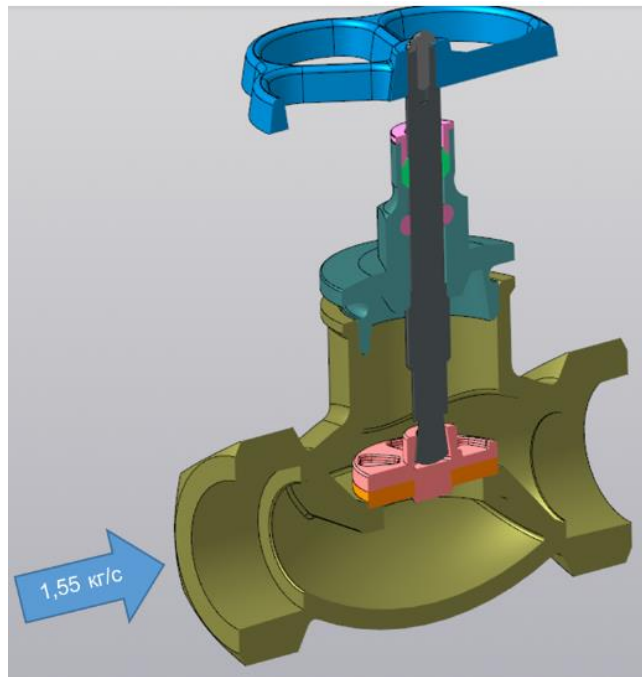


Рисунок 1 - Исходная твердотельная модель водопроводного крана, в виде сборки, построенной в КОМПАС-3D

Необходимо отметить, что в системе «KompasFlow» расчетной областью является объем жидкости внутри (или вокруг) элементов конструкции. Поэтому для расчета необходимо выделить данную область внутри корпуса крана как самостоятельный замкнутый объем. При этом, внутри расчетной области могут присутствовать объемы обтекаемых тел, таких как детали штока крана.

Поэтому для решения данной задачи при помощи стандартных инструментов КОМПАС-3D была проведена операция выделения проточной части и, в итоге, получена сборка, состоящая только из двух тел (рисунок 2).

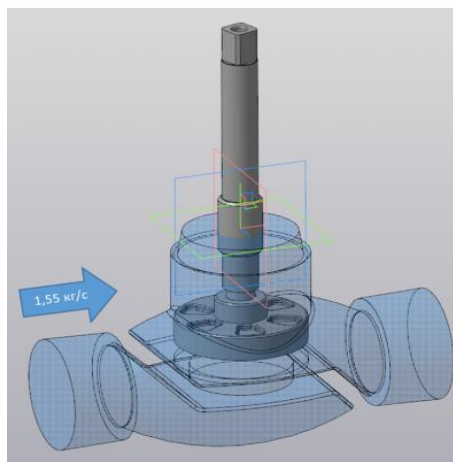


Рисунок 2 - Геометрическая модель для KompasFlow в виде сборки двух тел
В ходе дальнейших манипуляций и шагов были получены результаты:

На рисунке 3 представлен результат расчётов в «КомпасFlow» - по цвету визуализационного слоя видны показания параметров, заданных как исследуемых, например скорости.

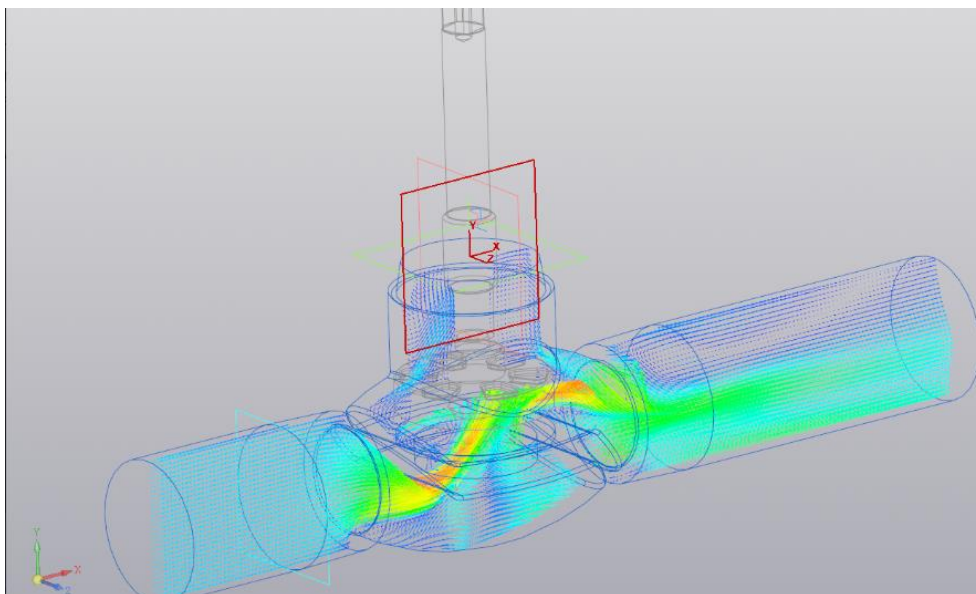


Рисунок 3 - Визуализационный слой скорости в диапазоне от 0 до 4 м/с

На рисунке 4 представлен результат расчётов в «КомпасFlow» заливкой, по цвету «заливки» слоя видны показания параметров давления.

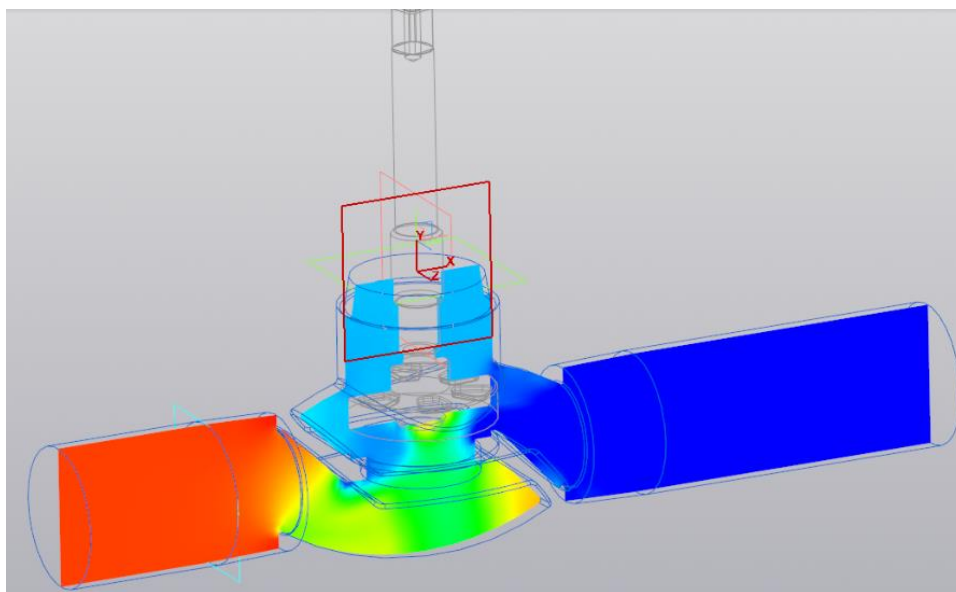


Рисунок 4 - Визуализационный слой «Заливка» для переменной давления в диапазоне от 0 до 9000 Па в плоскости симметрии крана

Также для полноты исследований, в программе строится график, отражающий процесс моделирования процессов в разное время. На рисунке 5 показан график среднего давления как результат моделирования процесса.

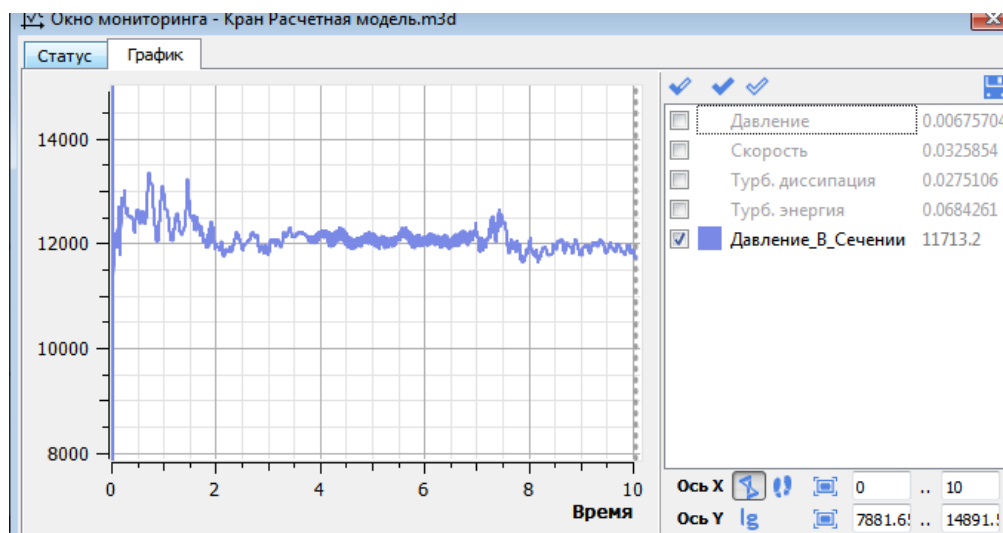


Рисунок 5 - График «Результата» по среднему давлению в контрольном сечении

KompasFlow позволяет быстро создать расчетную модель на основе геометрии, созданной в КОМПАС-3D и провести анализ течения жидкости в проточных каналах устройства [3].

Заключение

KompasFlow позволяет быстро создать расчетную модель на основе геометрии, созданной в КОМПАС-3D и провести анализ течения жидкости в проточных каналах устройства.

Возможно быстрое проведение серии расчетов, отличающихся параметрами геометрической модели. Для этого необходимо просто изменить геометрию в КОМПАС-3D и перезапустить расчет в KompasFlow [3].

Умение моделировать разные суспензии, с последующим их изучением – это прогрессивный шаг в будущее, позволяющий облегчить и упростить, и сделать доступным изучение процессов, протекающих в сложных гидросистемах, конструкциях, труднодоступных местах и прогнозировать их параметры во всех отраслях жизни человечества.

Библиографический список:

1. Чижиумов, С. Д. Ч 594 Основы гидродинамики : учеб. пособие / С. Д. Чижиумов. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2007. – 106 с. ISBN 978-5-7765-0516-4;

2. https://kompas.ru/company/webinar/items/?ev_id=1862;
3. <https://flowvision.ru/ru/support-menu-header-ru/blog-ru/kompas-flow>;
4. https://mipt.ru/education/chair/computational_mathematics/upload/45a/2013_Appl_Math_MSc_731_Golov-arphj5jlf2t.pdf.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа . – 7-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2003г.

Bibliographic list:

1. https://kompas.ru/company/webinar/items/?ev_id=1862.
2. <https://flowvision.ru/ru/support-menu-header-ru/blog-ru/kompas-flow>.
3. https://mipt.ru/education/chair/computational_mathematics/upload/45a/2013_Appl_Math_MSc_731_Golov-arphj5jlf2t.pdf.
4. Loytzyansky L. G. Mechanics of liquid and gas . – 7-e Izd., Rev. - M.: bustard, 2003.

Информация об авторах

Рыбкин Иван Александрович магистрант, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Ivanrybkintip07@mail.ru

Карпов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: karpov48@bk.ru

Фарзалиев Эмиль Физули-Оглы магистрант, Иркутский государственный университет путей сообщения , г. Иркутск,, e-mail: pro.porp2014@yandex.ru

Information about the authors

Rybkin Ivan Aleksandrovich master's degree student, Irkutsk state University of railway engineering, Irkutsk, e-mail: Ivanrybkintip07@mail.ru

Karpov Alexander Vladimirovich, candidate of technical Sciences, associate Professor, Irkutsk state University of railway engineering, Irkutsk, e-mail: karpov48@bk.ru

Farzaliev Emil Fizuli-Ogly master's student, Irkutsk state University of railway engineering, Irkutsk, e-mail: pro.porp2014@yandex.ru