

Визуализация затопленных нефтегазовых струй в пакетах 3D моделирования

Харисов Э.И.

Стерлитамакский филиал Уфимского университета науки и технологий, Стерлитамак

Аннотация: Исследование многофазных затопленных нефтегазовых струй может значительно снизить урон экологии водных ресурсов РФ. Визуализация математической модели также может способствовать более глубокому пониманию явления с различных аспектов, таких как температура, концентрация и вовлечение воды в нефтегазовый поток. Исследование показало, что трехмерная визуализация позволяет получить дополнительные возможности, по сравнению с обычными графиками. Дальнейшее исследование оптических свойств затопленной струи поможет сделать визуализацию не только в схематичном виде, но и в фотореалистичном, что поможет обнаружению утечек при плановых подводных осмотрах.

Ключевые слова: многофазные затопленные нефтегазовые струи, визуализация, Blender.

Введение. Техногенные катастрофы, связанные с нефтедобычей, приводят к ухудшению экологии в местонахождении производства, но особенно остро данная проблема стоит в месторождениях на морском шельфе. Авария при добыче может привести к большому выбросу смеси природного газа и нефти в толщу воды, которая стремится к поверхности, образуя турбулентный поток. Параллельно этому процессу может происходить гидратообразование – отверждение поверхности газового пузырька из-за низкой окружающей температуры и высокого давления. Такие потоки принято называть многофазной затопленной струей, численный расчет которых может значительно сократить ущерб окружающей среде. В исследованиях [1-4] была получена математическая модель, на основе которой была поставлена задача разработать программу визуализации данных в пакете 3D моделирования Blender. Полученные результаты можно использовать в качестве начальных значений для моделирования накопления углеводородов в специальных устройствах для ликвидации последствий аварий[5-7].

Методы исследования. В статье использовался вычислительный эксперимент как основной источник данных для визуализации. После создания трехмерной модели, происходило сравнение с графиками для подтверждения точности выполнения программ.

Результаты исследований, их обсуждение.

Математическая модель расчета траектории движения нефтегазовой струи основана на интегральном Лагранжевом методе контрольных объемов [2,4]. Модель учитывает такие физические факторы как температура, давление, скорость течения, расходы нефти и газа, возможность гидратообразования. В связи с тем, что модель может предоставить только числовые расчетные данные, необходимо создать визуализацию, которая происходит через построение графиков вдоль оси перпендикуляра к поверхности морского дна и выглядит как на рисунке 1.

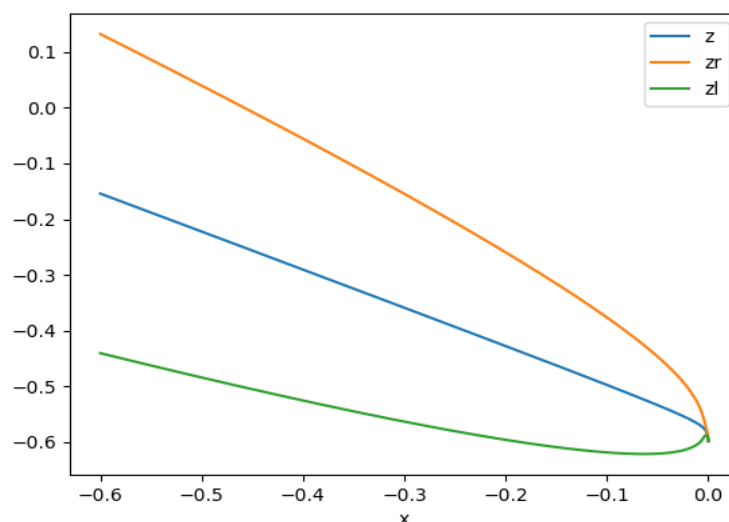


Рисунок 1.График, построенный для расчетных данных (z - центр струи, zl и zr - левые и правые границы соответственно)

Для решения проблемы визуализации данных предлагается программа, которая работает с полученными расчетными данными на языке программирования Python. Возможность использования библиотек и других паттернов проектирования, свойственных пакету трехмерного моделирования Blender, значительно упрощает разработку и обновление проекта. Программа реализует следующий функционал с помощью пользовательского интерфейса:

- загрузка данных в заданном формате;
- выбор типа визуализации (граничный, в котором учитываются только значения на границах многофазной затопленной струи, и по объему, в котором происходит визуализация пузырьков газа или нефти внутри объема струи);
- выбор типа данных для цветовой информации.

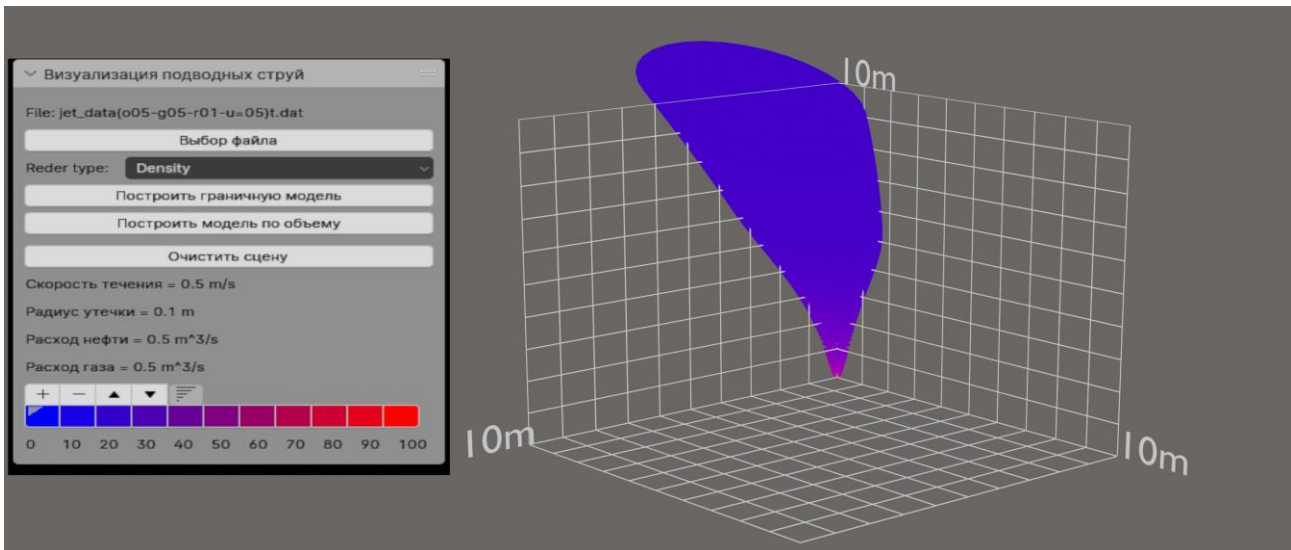


Рисунок 2. Интерфейс пользователя (слева) и пример работы программы (справа).

Для интерпретации температуры происходит окрашивание визуализированных данных по шкале от синего до красного цвета в соответствии с температурой в конкретной точке струи. Для интерпретации концентрации используется цветовая шкала от черного до зеленого цвета в соответствии с концентрацией нефти, газа, гидрата или воды.

Подтверждение точности построенной трехмерной модели происходило путем сравнения с графиками, полученными на основе эксперимента [8,9].

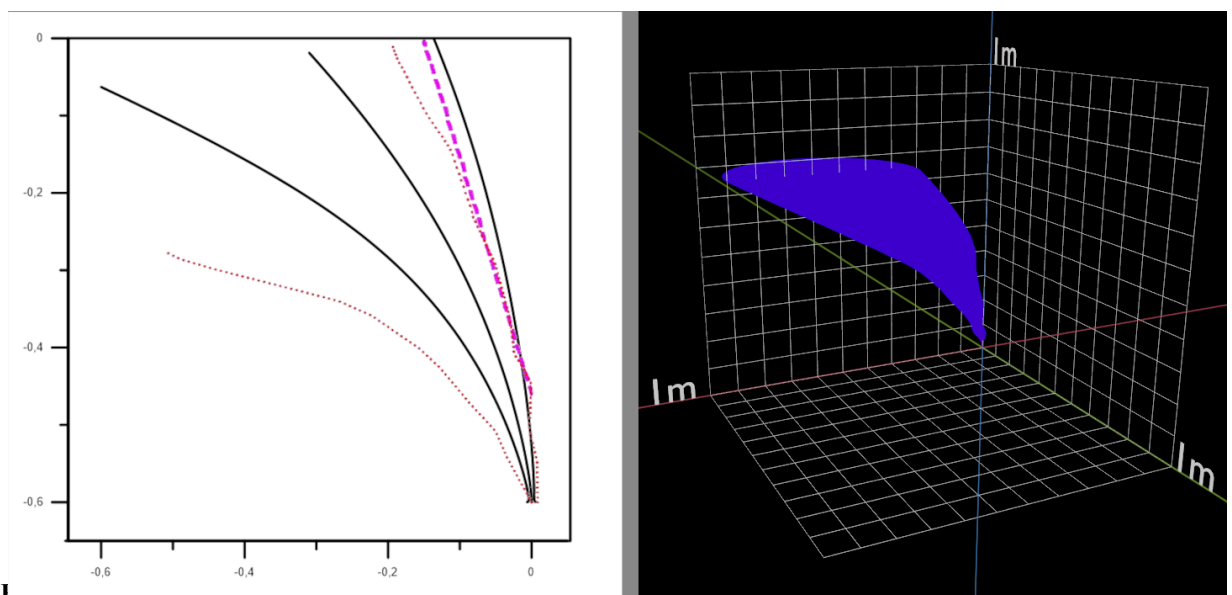


Рисунок 3. Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными. Показывает различные свойства затопленной нефтегазовой струи по отношению ко внешней среде.

Схематическое изображение границ затопленной струи можно рассматривать как трехмерный аналог графиков, обычно получаемых на основе экспериментальных данных. Дальнейшая работа над программой будет сфокусирована на визуализации гидратообразования, а также на фотореалистичном изображении потока нефти и газа в толще воды.

Библиографический список

- [1] Кильдибаева С.Р., Гималтдинов И.К. Математическая модель затопленной струи с учетом влияния 3d течения окружающей воды // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 137-143.
- [2] Гималтдинов И.К., Кильдибаева С.Р. Модель затопленной струи с учетом двух предельных схем гидратообразования // Теплофизика и аэромеханика. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 79-88.
- [3] Гималтдинов И.К., Кильдибаева С.Р., Ахмадеева Р.З. Расчет теплофизических и кинетических параметров затопленной струи // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11-7. – С. 1323-1327.
- [4] Кильдибаева С.Р., Гималтдинов И.К. Эволюция нефтегазовой струи, истекающей через разрыв магистрального нефтепровода (газопровода), расположенного на дне водоема // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 5. – С. 193-200.
- [5] Уразов Р.Р., Чиглинцев И.А., Насыров А.А. Образование склеротических отложений гидрата в трубе для отбора газа из купола-сепаратора // Инженерно-физический журнал. – 2017. – Т. 90, № 5. – С. 1223-1231.
- [6] Насыров А.А. Моделирование процесса наполнения "купола-сепаратора", предназначенного для ликвидации нефтегазовых выбросов в зоне морского дна // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – № 2-1 (62). – С. 41-45.
- [7] Гималтдинов И.К., Кильдибаева С.Р. К теории накопления углеводородов в куполе, применяемом для ликвидации техногенного разлива на дне океана // Инженерно-физический журнал. – 2018. – Т. 91, № 1. – С. 260-265.
- [8] Chen F., Yapa D. Modeling gas separation from a bent deepwater oil and gas jet/plume // J. of Marine Systems. – 2004. – №45. – С. 189 – 203.
- [9] Socolofsky S.A., Adams E.E. Multi-phase plumes in uniform and stratified crossflow // J. Hydraul.. - 2002. - №40. - С. 661-672.