

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК
НА УПЛОТНЯЮЩИЕ ЗАТВОРЫ ПОНТОНОВ РВС С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА FLOWVISION**

Лукьянова И.Э.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет,
кафедра «Сооружение и ремонт ГНП и ГНХ»
email: iri-lou@mail.ru*

В резервуарах большой вместимости с понтонами возникает повышенная нагрузка на конструкции уплотняющих затворов, вследствие чего возможны их разрушения. Для обоснованных выводов о стабильной безопасной эксплуатации указанных РВС создана и изучена модель резервуара, позволившая определить возникающие скорости течения в процессе закачивания продукта на хранение и разработать рекомендации, предусматривающие более равномерное заполнение резервуара нефтью по его периметру.

Ключевые слова: резервуар, понтон, уплотняющие затворы, скорости течения

Требования к надежности методов расчета и проектирования резервуарных конструкций все более ужесточаются, а сокращенные сроки проведения работ приводят к необходимости использования различных программных продуктов, для которых должны быть разработаны научно обоснованные методики их использования.

В стальных вертикальных резервуарах (РВС) большой вместимости возникает повышенная нагрузка на конструкции уплотняющих затворов, вследствие чего возможны их разрушения.

Для обоснованных выводов о стабильной безопасной эксплуатации РВС необходимо создание и изучение модели резервуара, позволяющее определить возникающие скорости течения в процессе закачивания продукта на хранение и рекомендации по оптимизации конструкции РВС с понтоном. Наиболее экономичной моделью является математическая модель, создание и исследование которой возможно при помощи программного комплекса для гидродинамических расчетов FlowVision [1].

FlowVision – программный комплекс, предназначенный для моделирования трехмерных турбулентных течений жидкости и газа. FlowVision создан

российской компанией “ТЕСИС” в тесном сотрудничестве с научно-исследовательскими организациями и промышленными предприятиями в России и за рубежом.

Базовыми в пакете прикладных программ FlowVision являются уравнения Навье–Стокса (вместе с уравнением неразрывности). Для замыкания этих уравнений в зависимости от конкретной задачи могут использоваться дополнительные соотношения, описывающие изменение плотности, турбулентный перенос и т. п.

Для численного решения базовых уравнений в FlowVision используется метод, основанный на консервативных схемах расчета нестационарных уравнений в частных производных, которые по сравнению с неконсервативными схемами дают решения, точно удовлетворяющие законам сохранения (в частности, уравнению неразрывности). По желанию пользователя для решения возникающей системы линейных алгебраических уравнений может использоваться как неявный (более надежный), так и явный (быстрее работающий, но расходящийся при больших шагах по времени) вариант итерационного процесса. Метод базируется на эйлеровом подходе к описанию движения жидкости, суть которого состоит в том, что различные скалярные и векторные величины рассматриваются как функции переменных времени и координат точки в неподвижной системе координат [2].

В FlowVision численное интегрирование уравнений по пространственным координатам проводится с использованием прямоугольной адаптивной локально измельченной сетки. Такой подход обеспечивает, с одной стороны, использование простой равномерной неадаптивной сетки при решении задач с относительно несложной геометрией. С другой стороны, появляется возможность при решении задач со сложной геометрией проводить адаптацию (подстройку) сетки к особенностям геометрии вблизи границ, а при решении задач с разрывными течениями адаптацию по значениям искомым функций, их градиентов и др.

Приемо-раздаточный патрубок (ПРП) РВС представляет собой достаточно сложное устройство. Использование реальной модели ПРП с построением его геометрии возможно только в другой программе, т.к. FlowVision не имеет своих средств для разработки геометрической пространственной модели. Это требует необоснованного вложения дополнительных средств и времени, т.к. в [3] было показано, что допустимо с приемлемой точностью заменить в расчетной модели

РВС конструкцию устройства, воздействующего на течение жидкости в емкости, диском, который может быть использован для задания всех значимых для расчета характеристик устройства ПРП.

В программном комплексе FlowVision была разработана модель резервуара вместимостью 50000 м^3 , необходимая для исследования перемещений плавающего покрытия резервуара. Для определения характеристик течения, возникающего при закачивании продукта, хранящегося в вертикальном цилиндрическом стальном резервуаре, в качестве базовой гидродинамической модели была выбрана модель несжимаемой жидкости, дополненная уравнениями определения границы раздела сред продукт-воздух, имеющая в FlowVision название – «Свободная поверхность».

Основной целью на этапе разработки геометрической модели является создание адекватной конечно-объемной модели, состоящей из узлов и элементов. При создании конечно-объемной модели использован метод твердотельного моделирования, при котором описываются геометрические границы модели.

Для моделирования приемо-раздаточных патрубков были использованы четыре фильтра движущегося тела в форме диска диаметром 700 мм с адаптацией (т.е. подстройкой сетки к особенностям геометрии). Скорость втекания жидкости через ПРП принималась равной 5 м/с. Граничные условия приняты следующими: 1) на стенке резервуара тип границы – стенка; 2) в приемо-раздаточных патрубках – вход/выход с нормальной скоростью 5 м/с, что соответствует втеканию в резервуар; 3) в верхней части резервуара – свободный выход с нулевым давлением.

Плотность хранимого продукта принималась равной 900 кг/м^3 .

Получена картина распределения скоростей течения вблизи днища резервуара: в плоскости, перпендикулярной днищу РВС, стрелками показаны интенсивность и направление течения хранимой в резервуаре жидкости. Максимальные значения скорости находятся в районе приемо-раздаточных патрубков.

На рис. 1 при помощи векторов приведена картина распределения скоростей течения вблизи днища резервуара. В плоскости, перпендикулярной днищу РВС стрелки показывают интенсивность и направление течения хранимой в резервуаре жидкости. Красный цвет стрелок соответствует наибольшим скоростям. Видно, что максимальные значения скорости составляют 4,5 м/с и находятся в

районе приемо-раздаточных патрубков, изображенных в форме четырех окружностей. Более подробно картина распределения скоростей течения вблизи дна резервуара представлена на рис. 2.

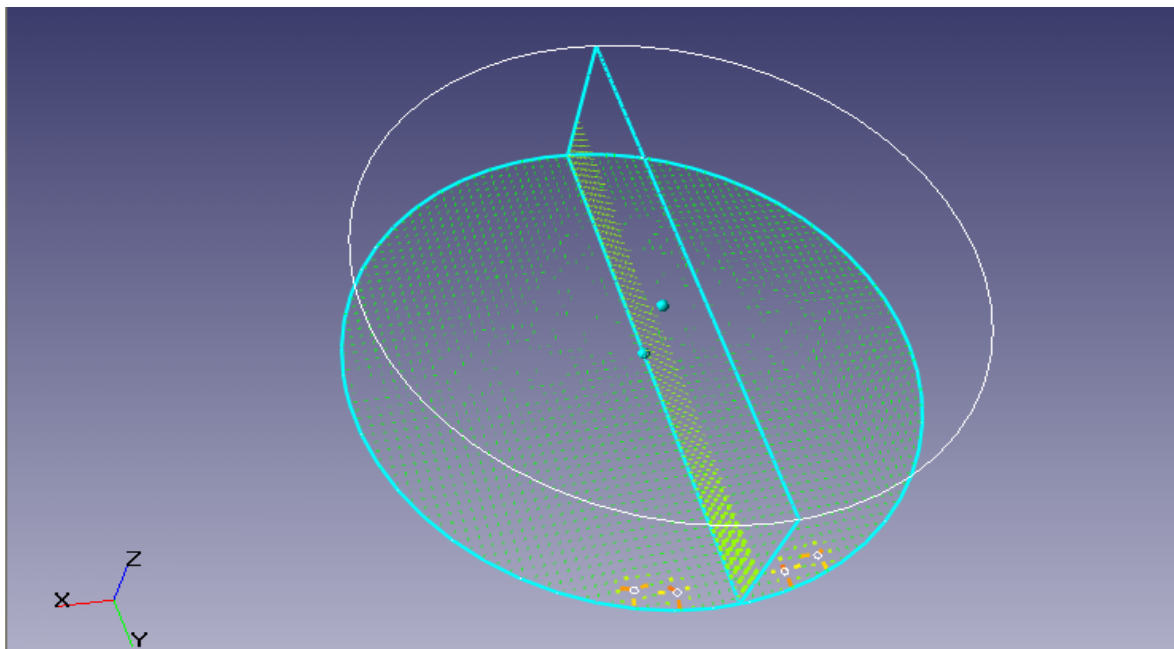


Рисунок 1. Общий вид резервуара PBC-50000

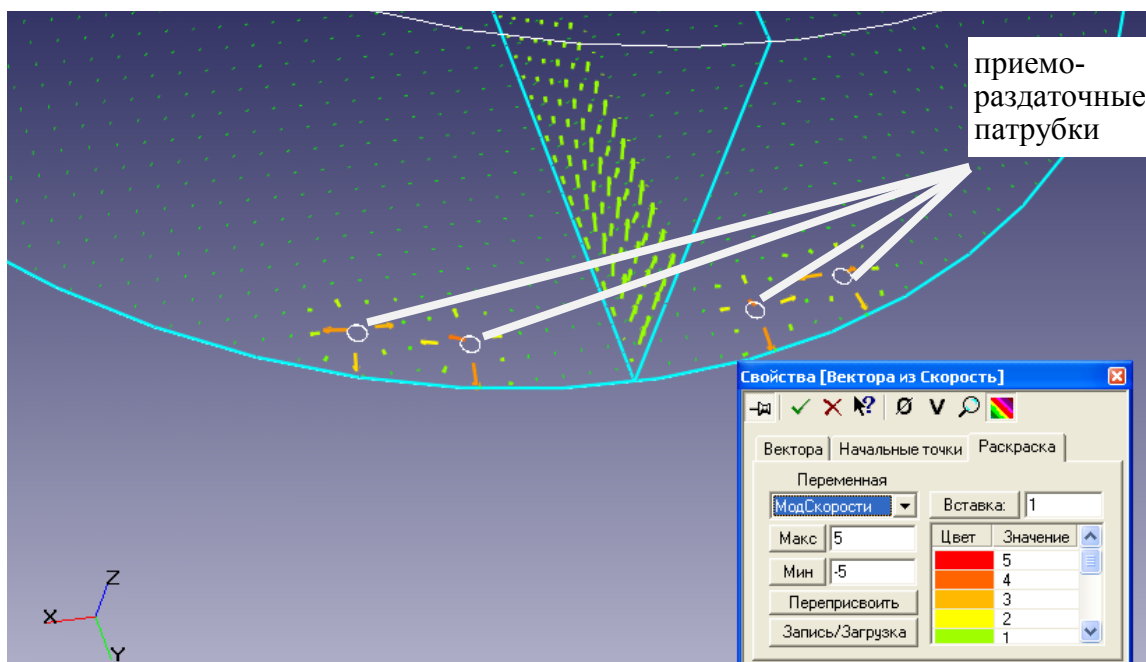


Рисунок 2. Распределение скоростей течения вблизи дна в PBC-50000

На рис. 3 и 4 представлены полученные в программе FlowVision распределения скоростей течения в направлении осей OY и OX в горизонтальной плоскости на расстоянии 1,8 м от днища РВС-50000. Изолинии показывают области равных скоростей.

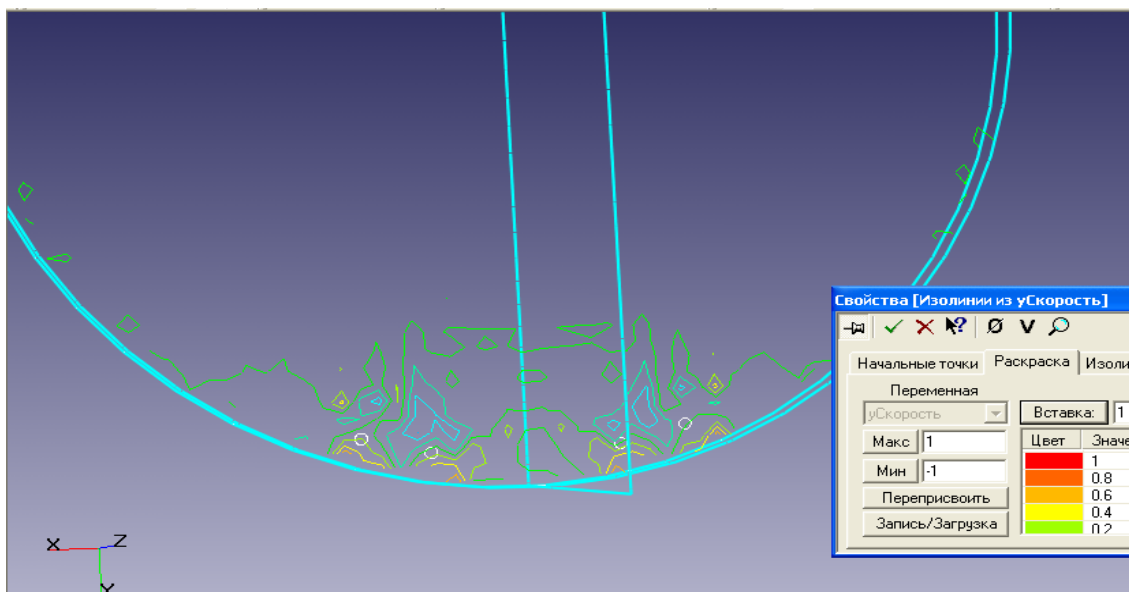


Рисунок 3. Распределение скоростей течения в направлении оси OY в горизонтальной плоскости на расстоянии 1,8 м от днища РВС-50000

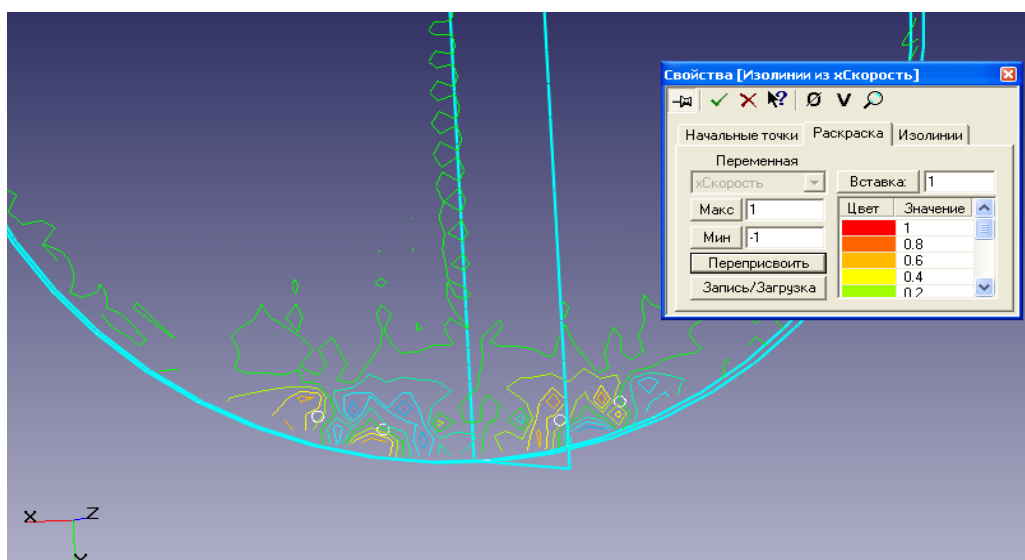


Рисунок 4. Распределение скоростей течения в направлении оси OX в горизонтальной плоскости на расстоянии 1,8 м от днища РВС-50000

Скорости перемещения плавающего покрытия достигают наибольшей величины 0,6 м/с при минимальном уровне налива продукта, хранящегося в РВС. Максимальные давления стального понтона, воздействующие на уплотняющий затвор, при $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ достигают величины 1400 Н/м^2 . Для алюминиевого понтона $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$, давление на уплотняющий затвор достигает величины 480 Н/м^2 , что вполне допустимо.

Были проведены серии расчетов с разным уровнем заполнения нефтепродуктом РВС [1]. При существующих конструктивных решениях типовых цилиндрических резервуаров при использовании стального понтона разрушение уплотняющего затвора неизбежно. Для уменьшения влияния течения продукта и, соответственно, вероятности повреждения уплотняющего затвора для типовых проектов резервуаров большой вместимости были разработаны рекомендации, предусматривающие более равномерное заполнение резервуара нефтью по его периметру.

Литература

1. Лукьянова И.Э. Исследование работоспособности резервуара РВС для хранения нефти и нефтепродуктов в программном пакете FLOWVISION // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. –Уфа: ГУП ИПТЭР, 2009. – Вып.3. – С. 63-66.
2. Применение пакетов прикладных программ при изучении курсов механики жидкости и газа: учебное пособие / Кондранин Т.В., Ткаченко Б.К., Березникова М.В. и др. – М.: МФТИ, 2005. – 104 с.
3. Лукьянова И.Э., Шмелев В.В. Методические вопросы построения моделей в среде FlowVision для комплексного исследования процессов удаления отложений в нефтяных резервуарах / Мировое сообщество: проблемы и пути решения: сб. науч. ст./ УГНТУ. – Уфа, 2005. – №18. – С.25-37.