

тра Гауса створюється так званий крайовий ефект, котрий може спотворити важливий сигнал на краю зображення. Системи спостереження, де застосовується такий метод мають бути розраховані так, щоб об'єкт знаходився ближче до центру зображення. Найкращим методом зниження шумів виявилася фільтрація Віна, незважаючи на те, що PSNR вона має нижчий ніж медіанна фільтрація.

Висновки

За допомогою проведених досліджень можна об'єктивно визначити метод, котрий слід застосовувати для певної задачі тепловізійної системи на основі мікроболометричної матриці. Найкращий результат показав метод зниження шумів у зображенні за допомогою фільтрації Вінера.

Було розроблено алгоритм об'єктивного дослідження якості методу обробки цифрового зображення. Розроблений алгоритм дає можливість обрати метод та його параметри, що дають найкращий візуальний результат, а також значення PSNR.

Для подальшого покращення зображень після зниження шумів можливі варіанти комбінування різних методів, також застосування інших методів підвищення якості. Важливим є подальший аналіз методів для підвищення чіткості тепловізійних зображень на основі мікроболометричних матриць після алгоритмів зниження шумів.

Література

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений; пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Кн. 2 – 312 с.
2. Р. Гонгалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений; пер. с англ.; под ред. Чо-чиа. Москва.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. National Instruments, Peak Signal-to-Noise Ratio as an Image Quality Metric, sep. 11, 2013. – 2р.
4. Колобродов В. Г. Проективання тепловізійних систем спостереження: підручник / В. Г. Колобродов, М. І. Лихоліт. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 364 с.

*Надійшла до редакції
12 березня 2014 року*

© Колобродов В. Г., Костирко І. М., 2014

УДК 519.876.5

ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ЗАЩИТЫ РЕЗЕРВУАРОВ ОТ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ. ЧАСТЬ 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ

Цыбульник С. А.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
г. Киев, Украина*

Особенностью имитационного моделирования является то, что имитационная модель позволяет воспроизводить моделируемые объекты с сохранением последовательности чередования во времени событий, происходящих в системе, т.е. динамики взаимодействий. Благодаря своим преимуществам имитационное моделирование было выбрано основным

средством исследования. Моделирование ветровой нагрузки на резервуар с дизельным топливом проходило в программном комплексе ANSYS. Проведено моделирование с использованием грубой сетки для выбора оптимальных размеров и места установки обтекателя. Проведено моделирование с использованием более качественной сетки для двух выбранных обтекателей. Построены графики, изображающие эффективное понижение давления на поверхность резервуара при скоростях ветрового потока от 2,5 м/с до 70 м/с при использовании обтекателей.

Ключевые слова: вертикальный стальной резервуар, имитационное моделирование, ветровая нагрузка.

Введение

Резервуары для хранения экологически-опасных веществ часто находятся в тяжелых условиях эксплуатации, которые могут привести к снижению остаточного ресурса резервуаров. В связи с этим тема применения современных информационных технологий для контроля текущего и прогнозирования будущего технического состояния резервуаров является достаточно актуальной.

В предыдущей работе [1] рассмотрены вопросы выбора комбинации параметров размеров и формы обтекателя, как средства пассивной защиты резервуаров от ветровой нагрузки, а также построения геометрических моделей системы резервуар-обтекатель. В качестве примера был выбран резервуар, установленный на украинской антарктической станции Академик Вернадский. Всего было построено семьдесят пять сборочных единиц для трех различных форм обтекателя: круглой, квадратной и звездообразной. Полученные геометрические модели можно использовать для моделирования и исследования влияния на резервуар различных типов нагрузки, в частности ветровой.

Современные системы моделирования используют весь арсенал новейших информационных технологий, включая интуитивно понятные графические интерфейсы для целей конструирования моделей и интерпретации выходных результатов, мультимедийные средства, анимацию в реальном масштабе времени, объектно-ориентированное программирование и др.

В настоящее время широко применяется два вида математического моделирования [2]: аналитическое и имитационное. При аналитическом моделировании изучаются математические модели реального объекта в виде алгебраических, дифференциальных, интегральных и других уравнений, а также предусматривающих осуществление однозначной вычислительной процедуры, приводящей к их точному решению. При имитационном моделировании исследуются математические модели в виде алгоритмов, воспроизводящих функционирование исследуемой системы путем последовательного выполнения большого количества элементарных операций.

Имитационное моделирование – разработка компьютерных моделей и постановка экспериментов на них при помощи специализированных программных продуктов. Целью моделирования [3], в конечном счете, является принятие обоснованных, целесообразных управленческих решений. Компьютерное моделирование становится сегодня обязательным этапом в принятии ответственных

решений во всех областях деятельности человека [4-6] в связи с усложнением систем, в которых человек должен действовать и которыми он должен управлять. Знание принципов и возможностей имитационного моделирования, умение создавать и применять модели являются необходимыми требованиями к инженеру в современном обществе.

Несмотря на недостатки, в данном случае имитационное моделирование является единственно возможным средством оценки влияния параметров геометрии обтекателя на эффективность понижения давления на поверхность исследуемого резервуара.

Преимущества и недостатки имитационного моделирования. Постановка задачи

Все имитационные модели представляют собой «черный ящик». Поэтому для получения нужной информации или результатов необходимо задать входные величины и осуществить расчет имитационных моделей в специализированных программных пакетах. Имитационные модели не способны формировать свое собственное решение в том виде, в каком оно формируется в аналитических моделях, а служат лишь в качестве средства для анализа поведения системы в условиях, которые определяются экспериментом. По сути, имитационное моделирование является экспериментальной и прикладной методологией, которая имеет следующие цели [7]:

- 1) Описать поведение системы.
- 2) Построить теории и гипотезы, которые могут объяснить наблюдаемое поведение.
- 3) Использовать данные теории для предсказания будущего поведения системы.

Преимущества имитационного моделирования проявляются при наличии следующих условий:

- 1) Аналитические методы имеются, но очень сложны и трудоемки, а имитационное моделирование дает более простой и быстрый способ решения.
- 2) Имитационное моделирование может быть единственно возможным вследствие трудности постановки эксперимента и наблюдения явлений в реальных условиях (исследование поведения искусственных спутников Земли, воспроизведение климатических условий района Антарктики и т.д.).
- 3) Может понадобиться сжатие шкалы времени (как замедление, так и ускорение, например, для моделирования процесса развития трещин).

Вместе с тем имитационное моделирование обладает рядом недостатков:

- 1) Это весьма дорогостоящий процесс, требующий существенных затрат ресурсов как аппаратных так и людских.
- 2) В процессе моделирования не представляется возможным получить точный результат. Оценка точности может быть выполнена путем анализа чувствительности модели к изменению некоторых параметров.

3) Имитационное моделирование в действительности не отражает полного положения вещей. Данный факт необходимо учитывать при анализе исследуемого объекта (процесса).

Целью настоящей работы является решение задачи определения наиболее эффективного обтекателя, как средства пассивной защиты резервуаров от ветровой нагрузки, на основе имитационного моделирования в программном комплексе ANSYS, которое предлагается выполнить в два этапа:

1) моделирование с использованием грубой сетки (около 1 миллиона элементов) для определения наиболее оптимальной конструкции обтекателя и расстояния от него до исследуемого резервуара;

2) моделирование с использованием более качественной сетки (более 2,2 миллионов элементов) в применении к предварительно выбранным для точного анализа обтекателям.

Моделирование и анализ полученных результатов

На первом этапе для имитационного моделирования были использованы все семьдесят пять геометрических моделей. Каждая модель представлена в виде различных комбинаций геометрических размеров самого обтекателя (формы, высоты, ширины), а также расстояния от центральной вертикальной оси резервуара до соответствующей оси обтекателя [1]. Всего было проведено более двухсот двадцати пяти моделирований с использованием грубой сетки для значения скорости ветрового потока 45 м/с. Результаты систематизированы и сведены в таблицу, на основе которой построены графики зависимости максимального давления на поверхности резервуара при наличии со стороны действия ветрового потока обтекателя от его высоты.

На рис. 1 изображены четыре наиболее эффективные комбинации размеров. Анализ графических зависимостей показал, что минимальное давление на поверхности резервуара (605 Па) получается при использовании обтекателя звездообразной формы с радиусом 1000 мм, высотой равной высоте резервуара (7425 мм) и расстоянием до него 9 м. Вторым по эффективности (781 Па) оказался обтекатель звездообразной формы с радиусом 1000 мм, высотой равной высоте резервуара и расстоянием до него 8 м. Обтекатель квадратной формы с шириной 1000 мм, высотой равной высоте резервуара и расстоянием до него 9 м показал себя менее эффективным (852 Па). Также из рис. 1 видно, что обтекатель квадратной формы с шириной 500 мм, высотой $\frac{2}{3}$ от высоты резервуара (4950 мм) и расстоянием до него 9 м дает немного худший результат (878 Па) по сравнению с предыдущим, но является экономически более выгодным за счет меньших размеров. Обтекатели круглого сечения в данном исследовании показали низкую эффективность (25% и меньше), поэтому в дальнейшем рассматриваться не будут.

Для второго этапа имитационного моделирования с более качественной сеткой были выбраны следующие обтекатели: звездообразный с радиусом 1000 мм и расстоянием до резервуара 9 м; квадратного сечения с шириной 1000 мм и

расстоянием до резервуара 9 м. Моделирование выполнено для скоростей ветрового потока от 2,5 м/с до 70 м/с с шагом в 2,5 м/с. Уплотнение конечно-элементной сетки увеличивает количество необходимого на расчет времени, а также точность полученных результатов, поэтому были исследованы только два обтекателя из четырех исследованных.

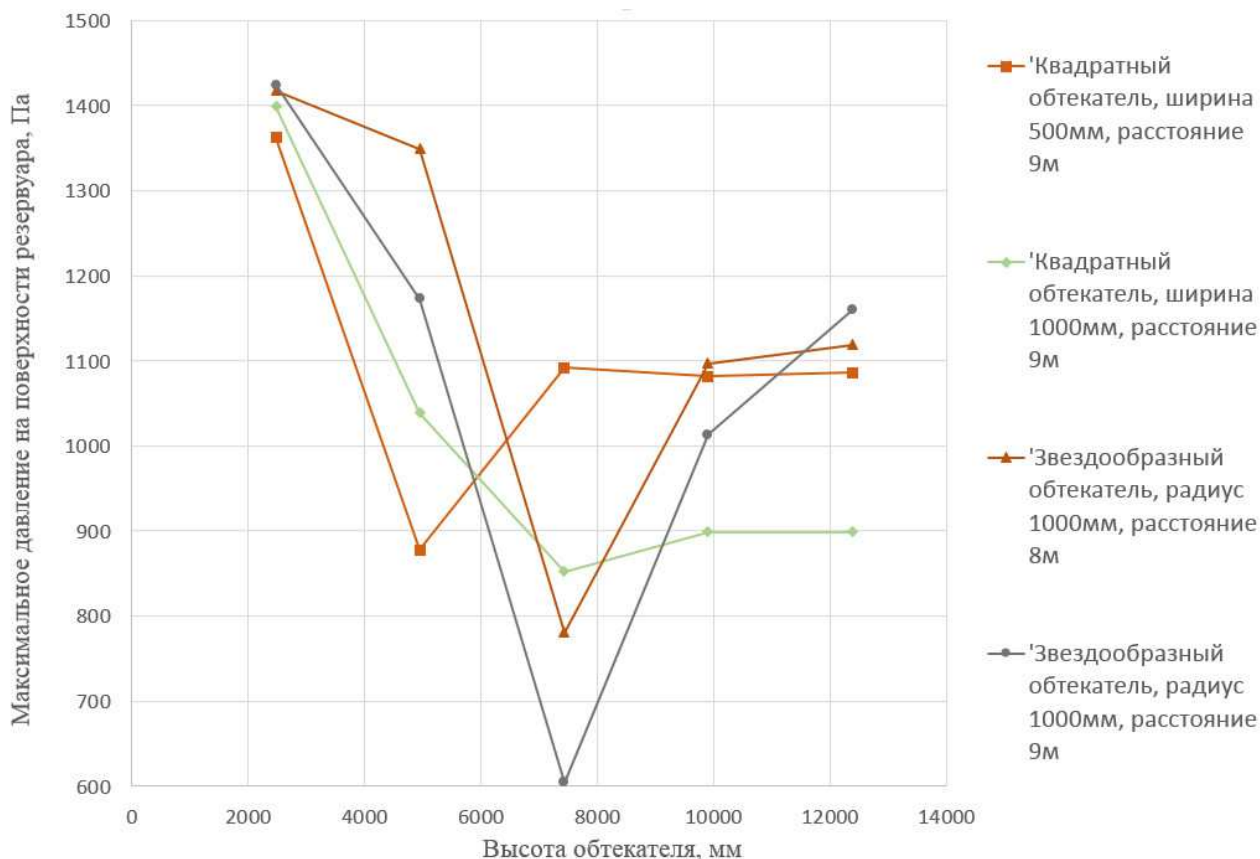


Рис. 1. Графики зависимости максимального давления на поверхности резервуара от высоты обтекателя

Результаты моделирования представлены на рис. 2, где приведены функциональные зависимости максимального давления от скорости ветрового потока. Как видно, при использовании обтекателя с квадратным сечением зона безопасной эксплуатации [8] увеличивается до значения скорости ветра в 35 м/с. Это соответствует средней скорости ветра в районе украинской антарктической станции Академик Вернадский [9]. Использование звездообразного обтекателя позволит еще больше увеличить зону безопасной эксплуатации до значения скорости ветра в 44 м/с, что почти соответствует максимальной скорости ветра (45 м/с) в районе станции. Также немаловажным результатом является то, что применение выбранных для исследования обтекателей позволит избежать моментального выхода резервуара из строя даже при критических скоростях ветра свыше 55 м/с [1, 8], так как максимальное давление на поверхности резервуара не превышает граничного значения.

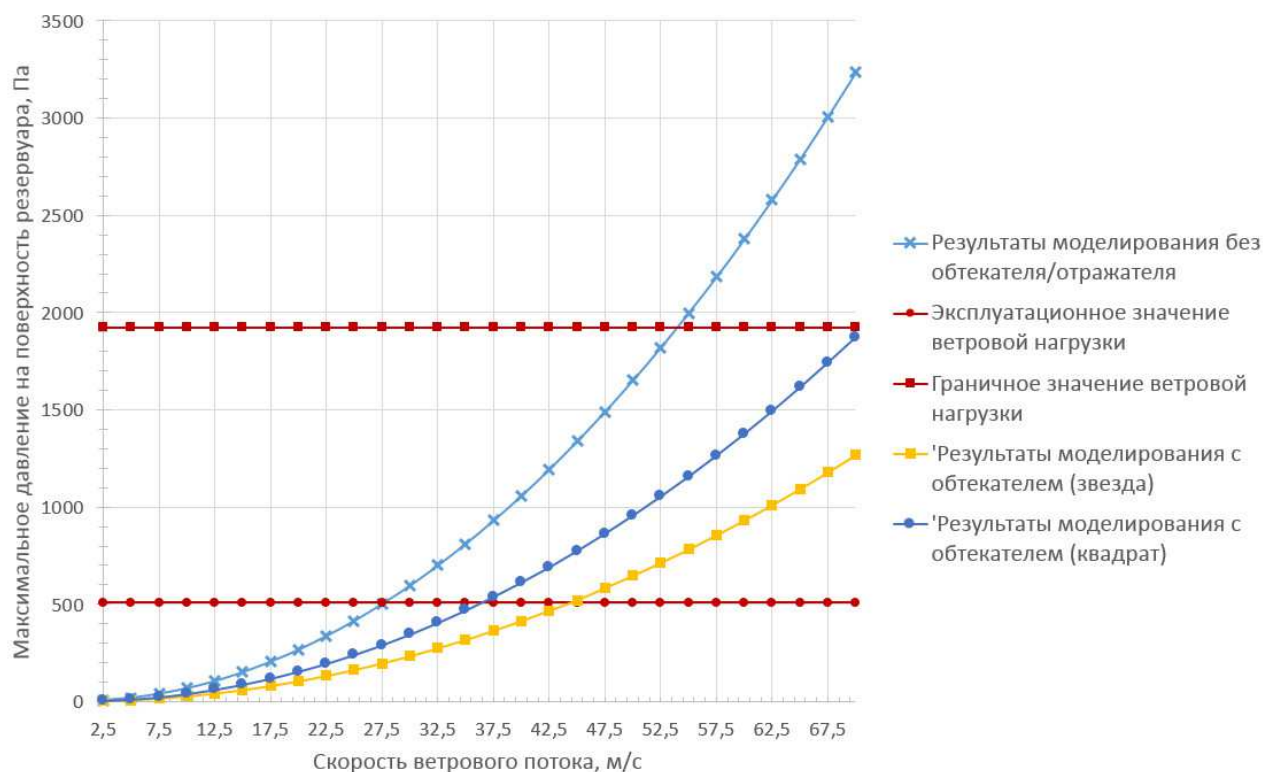


Рис. 2. Графіки залежності максимального тиску на резервуар від швидкості вітра

Для визначення величини ефективного зниження тиску був проведений розрахунок за наступною формулою:

$$P_э = \frac{|P_p - P_0|}{P_p} \cdot 100\% ,$$

де $P_э$ – величина ефективного зниження тиску, %; P_p – тиск на поверхню резервуара без використання обтекателя, Па; P_0 – тиск на поверхню резервуара при наявності обтекателя, Па.

За результатами розрахунку були побудовані графіки (рис. 3), що відображають ефективність досліджуваних обтекатель. З рис. 3 видно, що наявність обтекателя зіркоподібної форми дозволяє знизити величину вітряної навантаження на резервуар в середньому на 60%, а обтекателя квадратного перерізу – на 41%. При цьому для малих швидкостей вітра (до 10 м/с) ефективність обтекатель значно нижче, а при швидкостях вітра вище 15 м/с, з урахуванням деяких допущень, ефективність постійна і становить 61% і 42% відповідно.

В подальшому планується проведення структурного аналізу обтекателя для визначення його матеріалу з урахуванням оптимального співвідношення ціна/якість.

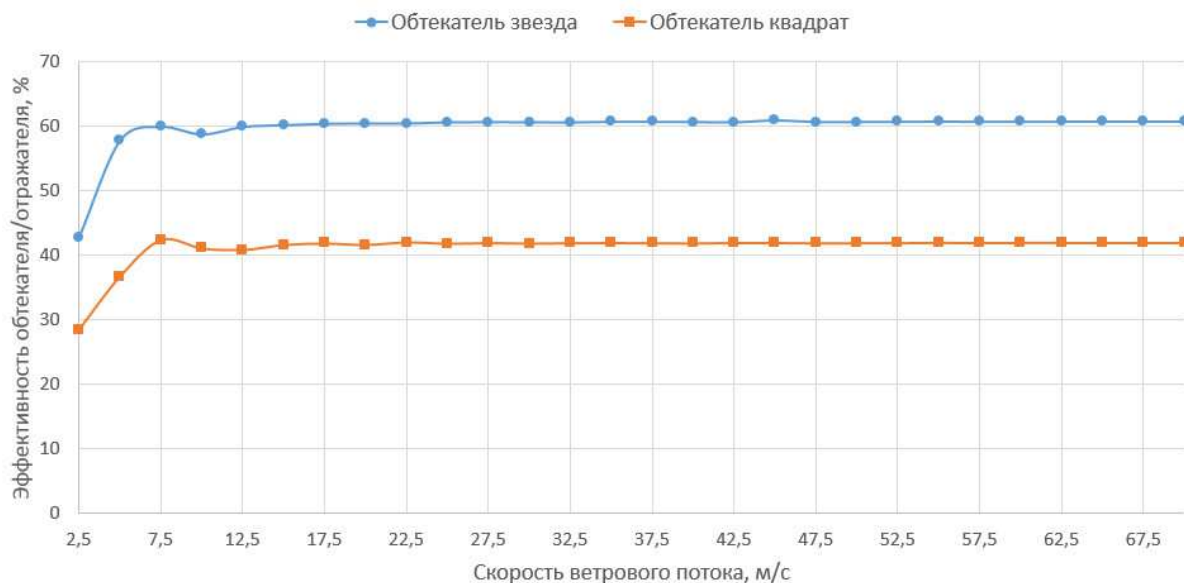


Рис. 3. Графіки залежності ефективного пониження тиску від швидкості вітрового потоку

Висновки

В результаті ряду імітаційних моделювань з грубою кінцево-елементною сіткою були визначені найбільш ефективні конструкції обтекательних пристроїв. Для двох конструктивних схем обтекателя проведено додаткове моделювання з більш якісною (уплотненою в 2 рази) сіткою в діапазоні швидкостей вітрового потоку від 2,5 м/с до 70 м/с. Визначені величини зниження тиску на резервуар, а саме: на 41% з обтекателем квадратного перерізу і на 60% зіркоподібним обтекателем.

Таким чином, моделювання показало, що запропоноване засіб захисту резервуарів від вітрової навантаження є достатньо ефективним і може бути рекомендовано для практичного застосування, зокрема на антарктичській станції Академик Вернадський.

Література

1. Цыбульник С. А. Ефективний засіб захисту резервуарів від вітрової навантаження. Частина 1. Побудова геометричної моделі обтекателя / С. А. Цыбульник // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2013. – Вип. 46. – С. 80 – 85.
2. Нечаевский А. В. Історія розвитку комп'ютерного імітаційного моделювання / А. В. Нечаевский // Електронний журнал «Системний аналіз в науці та освіті». – 2013. – №2. – С. 1 – 15.
3. Киселёва М. В. Імітаційне моделювання систем в середі AnyLogic: навчально-методическе посібник / М. В. Киселёва. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 88 с.
4. Сверхзвуковые турбулентные струи с химическими реакциями. – Режим доступу: <http://www.cae-services.ru/data/41M.pdf>.
5. Акустический расчет помещения [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cae-services.ru/data/275M.pdf>.
6. Вычислительный эксперимент при решении задач экологии внутренних водоемов. – Режим доступу: <http://www.cae-services.ru/data/126M.pdf>

7. Духанов А. В. Имитационное моделирование сложных систем: курс лекций / А. В. Духанов, О. Н. Медведева; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 115 с.
8. Tsybulnik S. A. Simulation of the impact of wind load on the vertical steel tank / N. I. Bouraou, Y. G. Zsukovski, A. V. Kuzko, S. A. Tsybulnik, D. V. Shevchuk // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2012. – Вип. 44. – С. 70 – 80.
9. The Replacement of Fuel Tanks at Vernadsky Station. – Режим доступа: http://www.ats.ag/documents/ATCM30/ip/ATCM30_ip030_e.doc

*Надійшла до редакції
03 березня 2014 року*

© Цыбульник С. А., 2014