

ПРИМЕНЕНИЕ ПК "ANSYS" К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ СТРОИТЕЛЬНОЙ АЭРОДИНАМИКИ

Щетько Н. С.

Buildings and structures are affected externally by the blowing of wind in several aspects. Aerodynamic effects are the most important for multy-stored buildings. The aerodynamic effect is concerned with the configuration of the air flow in the building domain. This configuration determines the distributions of pressure and velocity on the building surfaces. In paper are presented some questions of using "ANSYS" for the purposes of structural aerodynamics.

Обозначенный в последние годы на территории постсоветского пространства курс на увеличение этажности городской застройки способствует выдвиганию новых требований к обеспечению прочности, надежности долговечности зданий и сооружений. Возрастает ответственность за качество и адекватность расчетов, как отдельных строительных конструкций, так и строений в целом. Для высоких зданий и сооружений доминирующей нагрузкой является ветровая, что делает вопросы строительной аэродинамики весьма актуальными и существенными.

Действующие нормативные документы, разработанные несколько десятилетий назад [0] зачастую не могут дать ответы на ряд вопросов выдвинутых современной строительной практикой. В связи с этим разрабатываются новые нормативные документы, регламентирующие проектирование высоких зданий [0, 0, 0] назначающие повышенные требования к безопасности и комфортности. Разработаны многочисленные методы и даны примеры [0, 0, 0, 0] расчета зданий на ветровую нагрузку [0], в том числе, на действие пульсационной составляющей [0, 0], которые позволяют достаточно точно определить характер воздействия ветра на сооружение.

Для подтверждения данных, полученных при экспериментальных натурных исследованиях, а также при невозможности таковых, все чаще применяются универсальные расчетные программные комплексы [0] позволяющие прояснить физическую природу происходящих явлений [0, 0, 0, 0].

Среди важных задач строительной аэродинамики можно выделить задачи определения аэродинамических коэффициентов зданий и сооружений сложной формы, определения характера распределения ветровых потоков в пределах городской застройки, от которого может зависеть комфортность пребывания людей как в помещении так и в пределах застройки [0, 0].

Для решения некоторых задач строительной аэродинамики удобно воспользоваться программным комплексом "ANSYS", который на протяжении последних десятилетий активно применяется для расчетов во многих областях науки и техники.

Модуль "ANSYS/FLOTRAN" позволяет решать задачи анализа поля стационарных и нестационарных потоков газа (воздуха) включающих жидкие и (при необходимости) твердые области), определять распределение температуры и давления для однофазной вязкой жидкости (компоненты скорости, давления и температуры вычисляются в соответствии с законом сохранения массы, импульса и энергии). Для определенного типа задач могут быть полезны опции определения кинетической энергии турбулентности и диссипации турбулентной энергии.

Задачи гидрогазодинамического анализа FLOTRAN являются высоко нелинейными. Известно, что получение сходящихся решений для такого типа задач в некоторых случаях может вызвать определенные сложности. В ПК реализовано несколько способов улучшения сходимости и получения устойчивого решения: инерционная релаксация, модифицированная инерционная релаксация управление порядком интегрирования. Кроме того, разработчиками предложено несколько моделей турбулентности (рис. 1), позволяющих в зависимости от условий задач получать верное решение.

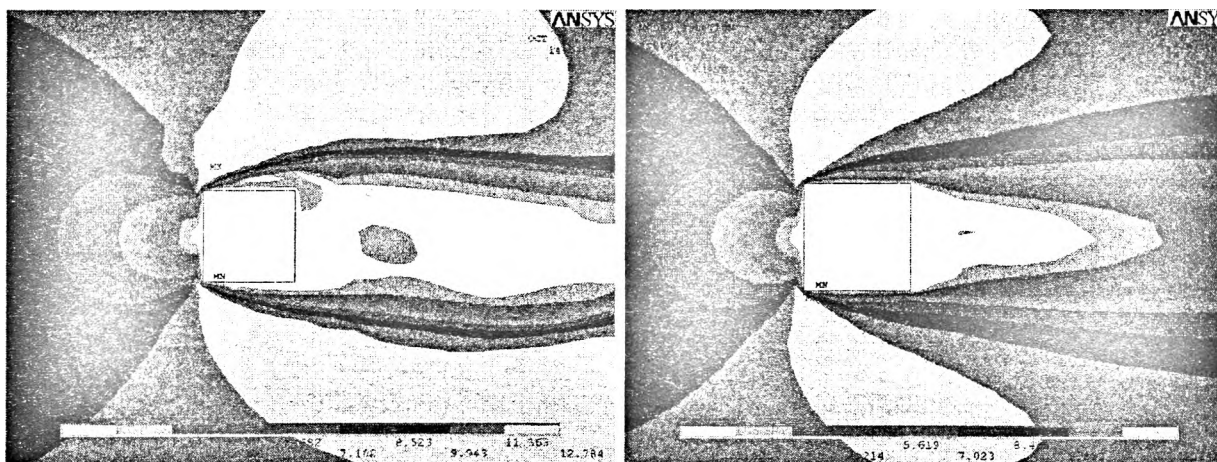


Рис. 1. Картина распределения скоростей потока

Движение воздуха в общем случае описывается системой дифференциальных уравнений в частных производных, уравнениями Навье — Стокса. Уравнения являются одними из важнейших в гидрогазодинамике и применяются в математическом моделировании многих природных явлений и технических задач. Система состоит из двух уравнений: уравнения движения, уравнения неразрывности. В векторном виде для несжимаемой жидкости они записываются следующим образом:

$$\frac{d\mathcal{V}}{dt} = -(\mathcal{V} \cdot \nabla) \cdot \mathcal{V} + \nu \cdot \Delta \cdot \mathcal{V} - \frac{1}{\rho} \cdot \nabla \cdot P + \mathcal{f},$$

$$\nabla \cdot \mathcal{V} = 0,$$

где ∇ — оператор Гамильтона, Δ — оператор Лапласа, \mathcal{V} — вектор скорости, t — время, ν — коэффициент кинематической вязкости, ρ — плотность, P — давление, \mathcal{f} — вектор плотности массовых сил.

Иногда в систему уравнений Навье-Стокса дополнительно включают уравнение теплопроводности и уравнение состояния.

В классической постановке задач аэродинамики поток принято считать несжимаемым, благодаря чему упрощаются дифференциальные уравнения, используемые при моделировании ряда задач и трудности связанные с их решением, а также ускоряется решение задач больших размерностей.

Программным комплексом используется решатель, реализующий последовательный алгоритм, т.е. для каждой степени свободы (температуры, давления, скорости и т. д.) раздельно решается система матриц, полученных конечно-элементной дискретизацией основного уравнения.

Автором решена двумерная задача обтекания профилей сооружения потоком ветра в гидрогазодинамическом модуле “ANSYS/FLOTTRAN” с учетом стандартных значений характеристик воздуха, его плотности и вязкости, получены распределения векторов скоростей и аэродинамических коэффициентов и поля турбулентных пульсаций в окрестностях сооружений (рис. 2, 3, 4).

При моделировании профиля сооружения требуется моделировать турбулентную структуру пограничного слоя атмосферы с учетом вертикального градиента средней скорости ветра и энергетического спектра его пульсационной составляющей, т. е. учитывать изменчивость структуры ветрового потока (рис. 5). Значительное влияние на распределение скоростей потока оказывает также шероховатость подстилающей поверхности и тип местности.

Таким образом, для всестороннего и полного изучения влияния воздействия ветра на сооружения требуются точные данные о предполагаемой местности строительства, расположении розы ветров и характере застройки прилегающих территорий, которые позволят снизить неопределенность и повысить точность расчетов.

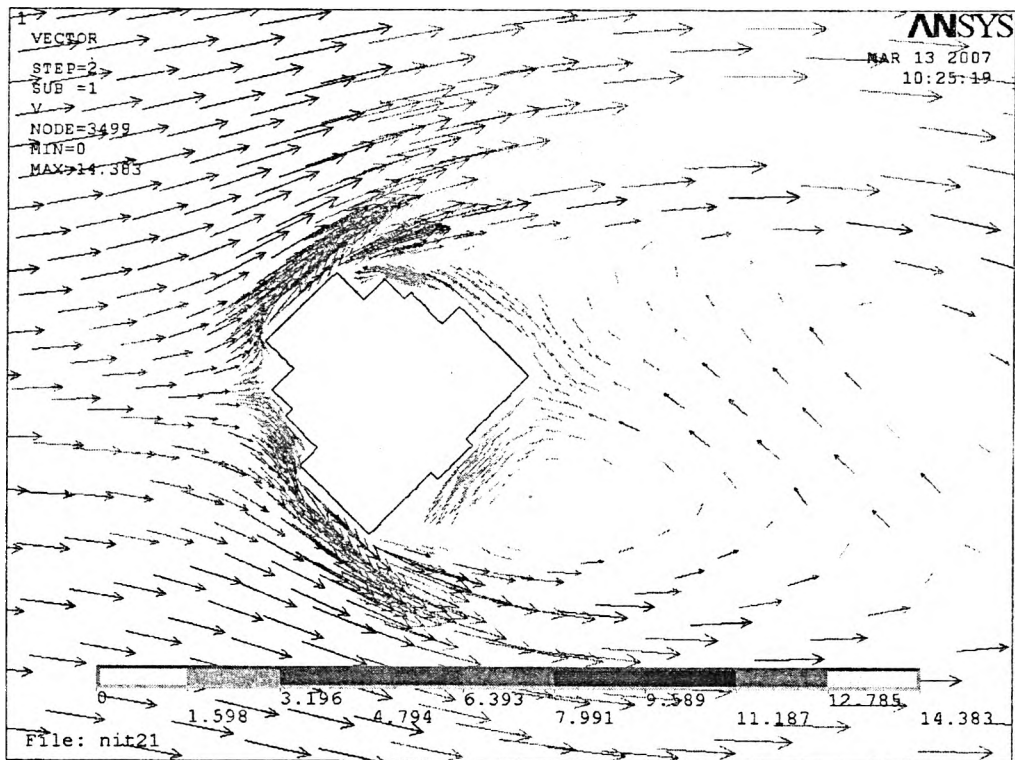


Рис. 2. Картина распределения векторов скоростей турбулентного потока для здания с перекрытием в форме пирамиды

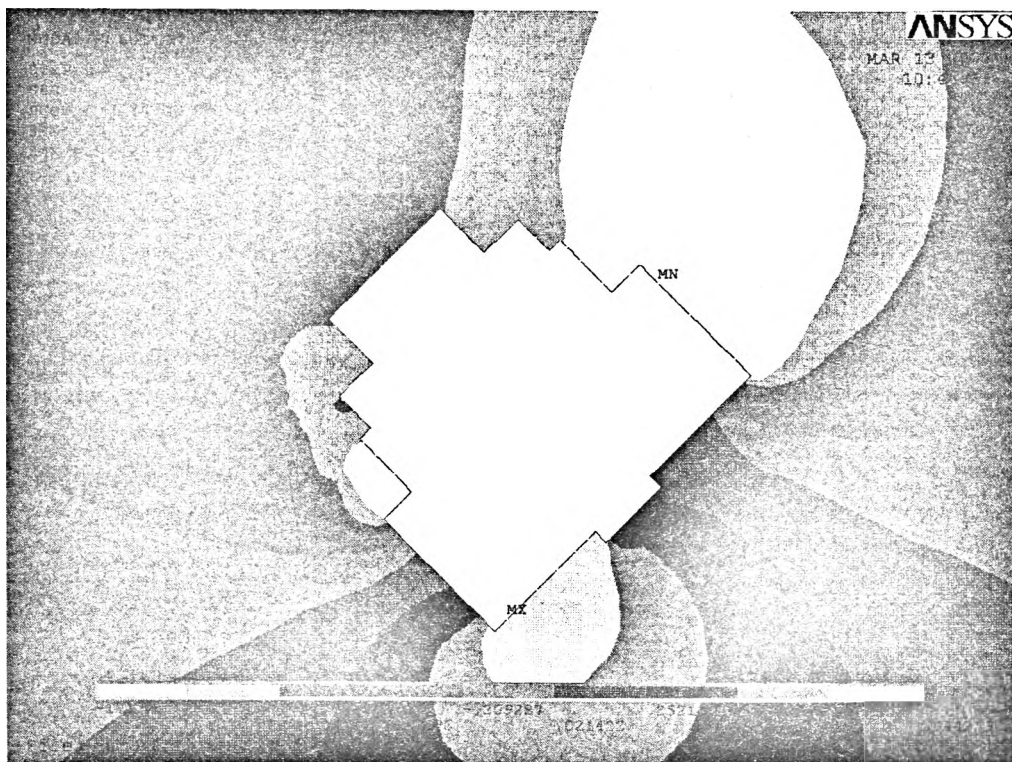


Рис. 3. Картина распределения аэродинамических коэффициентов

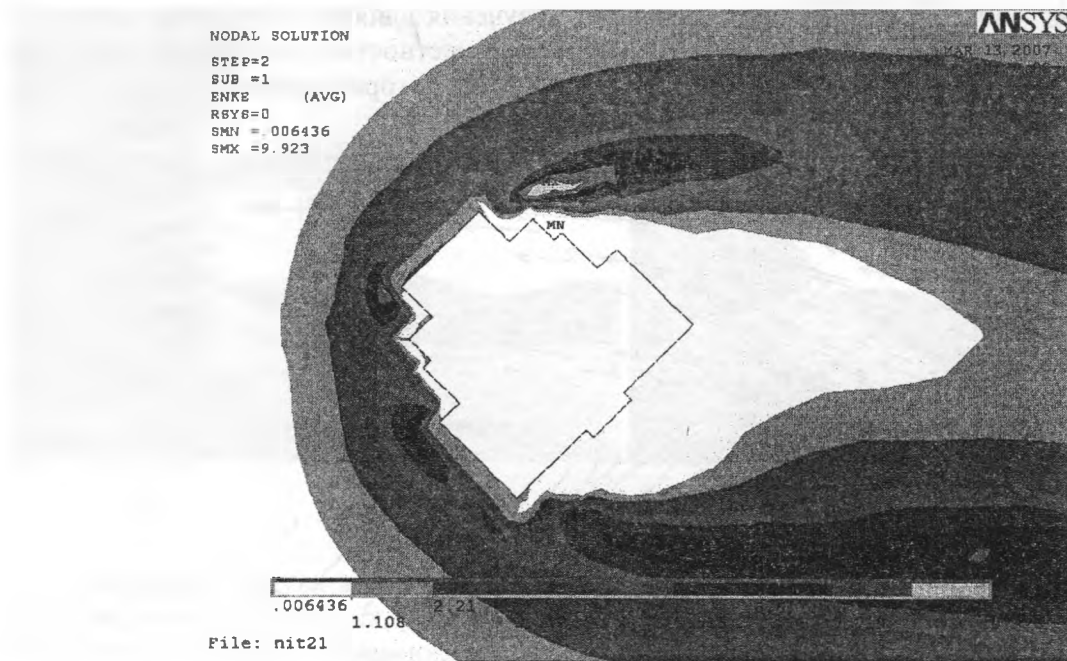


Рис.4. Поле турбулентных пульсаций

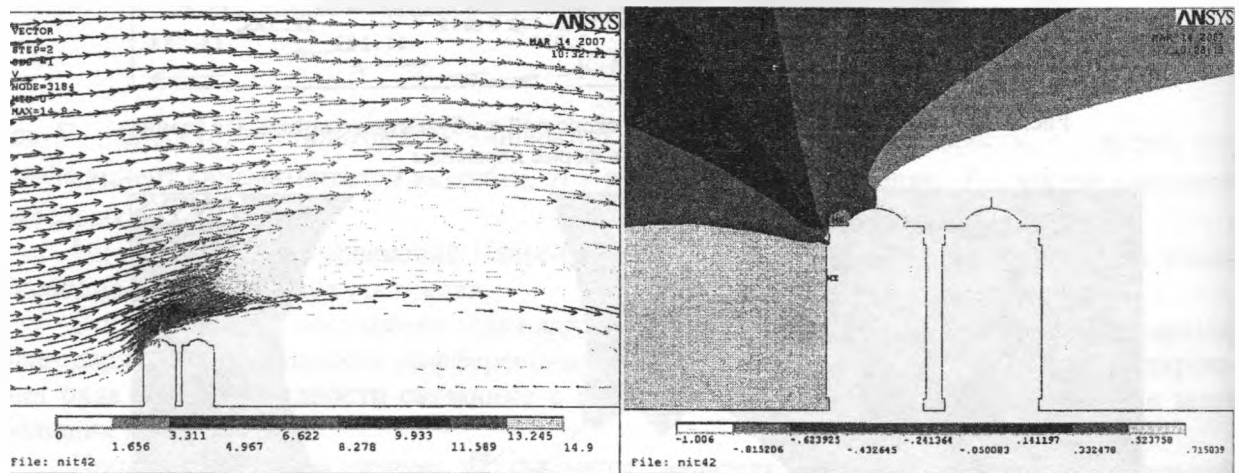


Рис. 5. Картина обтекания профиля сооружения потоком ветра и распределение аэродинамических коэффициентов по высоте.

Автором отмечена часть возможностей программного комплекса ПК “ANSYS” по решению задач строительной аэродинамики, которые может прояснить и дополнить некоторые практические и теоретические вопросы.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.01.07 – 85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 36 с.
2. ТСН 31-332-2006. Жилые и общественные высотные здания / Правительство С-Петербурга, 2006.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия. Киев: Мінбуд України, 2006. – 60 с.
4. МГСН 4.19-05. Многофункциональные высотные здания и комплексы / Правительство Москвы, 2005.
5. Беспрозванная, И. М. Воздействие ветра на высокие сплошностенные сооружения / И. М. Беспрозванная, А. Г. Соколов, Г. М. Фомин. – М.: Стройиздат, 1976. – 183 с.
6. Босаков, С. В. К расчету сооружений на ветровую нагрузку / С. В. Босаков, О. Калаша // Строительство и Недвижимость. – № 48. – 2003. – С. 22–23.
7. Симиу Э. Воздействие ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Сканлан. – М.: Стройиздат, 1984. – 360 с.
8. Савицкий, Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г. А. Савицкий. – М.: Стройиздат, 1972, – 109 с.
9. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра. – М.: Стройиздат, 1978. – 216 с.
10. Попов, Н. А. Рекомендации по уточненному динамическому расчету зданий и сооружений на действие пульсационной составляющей ветровой нагрузки / Н. А. Попов. – М.: Стройиздат, 2000 – 45 с.
11. Остроумов, Б. В. Учет динамического воздействия атмосферной турбулентности при расчете зданий и сооружений на действие ветра / Б. В. Остроумов, М. А. Гусев // Монтажные и специальные работы в строительстве. – № 8. – 2007. – С. 22–23.
12. Щетько, Н. С. Определение аэродинамических характеристик зданий и сооружений сложной формы с помощью ПК “ANSYS” / Н. С. Щетько // Строительная наука и техника. – № 3 (12). – 2007. – С. 41–46.
13. A computational model to calculate the flow-induced pressure fluctuations on buildings S. Senthoooran, Dong-Dae Lee, S. Parameswaran. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 92 (2004) 1131–1145.
14. Wind load effects and equivalent static wind loads of tall buildings based on synchronous pressure measurements. Guoqing Huang, Xinzhong Chen. Engineering Structures 29 (2007) 2641–2653.
15. Numerical evaluation of wind effects on a tall steel building by CFD. Shenghong Huang, Q.S. Li, Shengli Xu. Journal of Constructional Steel Research 63 (2007) 612–627.
16. Dynamic response of wind-excited building using cfd s. Swaddiwudhipong and m. S. Khan journal of sound and vibration (2002) 253(4), 735}754.
17. Стриженов, С.И. Аэродинамика зданий / С. И. Стриженов, Э. И. Реттер. – М.: Стройиздат, 1968. – 294 с.
18. Реттер, Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика / Э. И. Реттер. – М.: Стройиздат, 1984. – 240 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Щетько Николай Сергеевич – инженер лаборатории несущих конструкций отдела строительных конструкций, аспирант БелНИИС.

Служебный адрес – 220114, Минск, ул. Ф. Скорины, 15б. Тел. 267 78 97.

Домашний адрес – 220000, Минск, ул. Коллекторная, 20 – 90. Тел. 8 029 7585570
8 029 6900807