

К. Б. ДЖАКУПОВ

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ УДАЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ИЗ АТМОСФЕРЫ Г.АЛМАТАЫ

Институт математики, информатики и механики МОН РК, г. Алматы

Рассматриваются возможные варианты удаления примесей из воздушного бассейна мегаполиса, расположенного в гористой местности. Для численного моделирования привлекаются фундаментальные уравнения динамики вязкого совершенного газа.

Загрязненность вредными примесями воздушного бассейна, во-первых, связано с созданием новых территориально-промышленных комплексов, расширением энергетических коммуникационных сетей, бурным ростом парка автотранспорта и частных жилищ, выбрасывающих в атмосферу отработанные нефтегазопродукты, во-вторых, с горным рельефом местности, что, несомненно влияет на проникновение сильных ветров, на сквозную продуваемость объектов города. Детальный анализ источников загрязнения атмосферы г. Алматы, содержится в [1].

Изредка в результате воздействия внешних ветров интенсивные выделения индустриальных мощностей периодически удаляются, освобождая городской воздух от вредных примесей. Зачастую наблюдается такое явление, когда на некотором уровне гор воздух очищается, ясно видны вершины гор, но у подножья в углублении в черте города и распространяясь вокруг образуется сравнительно плотная неподвижная смесь задымленной атмосферы. Указанные и очевидные первопричины загрязнения воздуха в ближайшей перспективе не могут быть устранены по экономическим обстоятельствам, в связи с чем возникает естественный вопрос: какие необходимо принять меры для обеспечения сквозной продуваемости и очищения атмосферы? Наблюдающиеся факты таковы: ветры, дующие со стороны джунгарских ворот, а это очень сильные, почти ураганные ветры, из-за дальности не доходят до города, ветры с названием «Шелек», дующие со стороны малых гор Бугытая, притормаживаются у холмов села Маловодное и далее проходят севернее города через сёла Байсерке, Туганбай и т.д. Почти ежесуточно из ущелья Алма-Арасан вечерами дует слабый бриз, доходящий до окраин микрорайона Орбита, но им препятствуют высотные здания. Разумеется, если создать аэродинамические условия для проникновения на территорию города этих ветров и вызвать дополнительные инверсионные потоки, можно ожидать значительного очищения атмосферы города. Имея в виду опыт взрывного сооружения ограждающей от селя дамбы в урочище Медеу и используя возможности предварительного математического моделирования, необходимо искать осуществимые аэродинамические возможности очистки воздушного бассейна нашего мегаполиса.

В настоящей работе с применением фундаментальных уравнений аэродинамики моделируются возможные способы очистки атмосферы от вредных примесей. Интенсивности ветров, образующиеся в рельефной местности, способствуют образованию атмосферной турбулентности, в силу этого применяется модель турбулентности с применением уравнений для пульсаций [2] при следующих допущениях: 1) вязкость, теплопроводность, коэффициент диффузии есть постоянные величины $\mu = \text{const}$, $\lambda = \text{const}$, $D = \text{const}$, $\chi = c_p / c_v = 1,41$ в данном интервале температур; 2) по

Рейнольдсу актуальное значение f представляется суммой осредненной $\langle f \rangle$ и пульсационной f' : $f = \langle f \rangle + f'$ составляющих; 3) из-за малости числа Маха пульсации плотности незначительны, можно положить их равными нулю $\rho' = 0$; 4) энергией вязкой диссипации пренебрегается. При данных предположениях в сумме уравнения для осредненных и пульсационных величин дают систему [2]:

$$\rho \left(\frac{\partial v_i}{\partial t} + v_j \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \right) + \frac{\partial p}{\partial x_i} = \frac{\rho}{Fr} F_i + \frac{1}{Re} \Delta v_i - \frac{1}{3 Re} \frac{\partial}{\partial x_i} d i \vec{w}, i = 1, 2, 3, \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho v_i}{\partial x_j} = 0,$$

$$\rho \left(\frac{\partial T}{\partial t} + v_j \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) = \frac{\chi}{Pr Re} \Delta T, p = \frac{\rho T}{\chi M_\infty^2}, \frac{\partial C}{\partial t} + v_j \frac{\partial C}{\partial x_j} = \frac{1}{Sc} \Delta C.$$

За масштабы выбраны: скорость набегающего слева ветра U_∞ , высота горы L , время L/U_∞ , плотность набегающего воздуха ρ_∞ , давление $\rho_\infty U_\infty^2$, температура набегающего ветра $T_\infty = 283K$, массовых сил g и т.д., в результате образуются критерии подобия $Re = \rho_\infty U_\infty L / \mu$, $Fr = U_\infty^2 / (gL)$, $Pr = \mu c_p / \lambda$, $Sc = \mu / (\rho D)$, $a_\infty = \sqrt{\chi RT_\infty}$, $M_\infty = U_\infty / a_\infty$. Предполагается такой вариант, что горы имеют температуру $T_g = 298^\circ K$, здания и подстилающие поверхности поддерживаются при температуре $T_g = 305^\circ K$. На выходе потока справа в качестве граничного условия ставится равенство нулю вторых производных от искомых функций. Сформулированная начально-краевая задача реализована по полувинтовой разностной схеме, приведенной в [2].

Влияние ветра со стороны алатауских гор на динамику газа и распространение примеси. Расчеты проводились на сетке 400x150 при значениях параметров

$Re = 8000000$, $Fr = 0.0005$, $Pr = 0.72$, $Dg = 2\tau$, $M_\infty = 0.01$ с шагом по времени $\tau = 0,0005$.

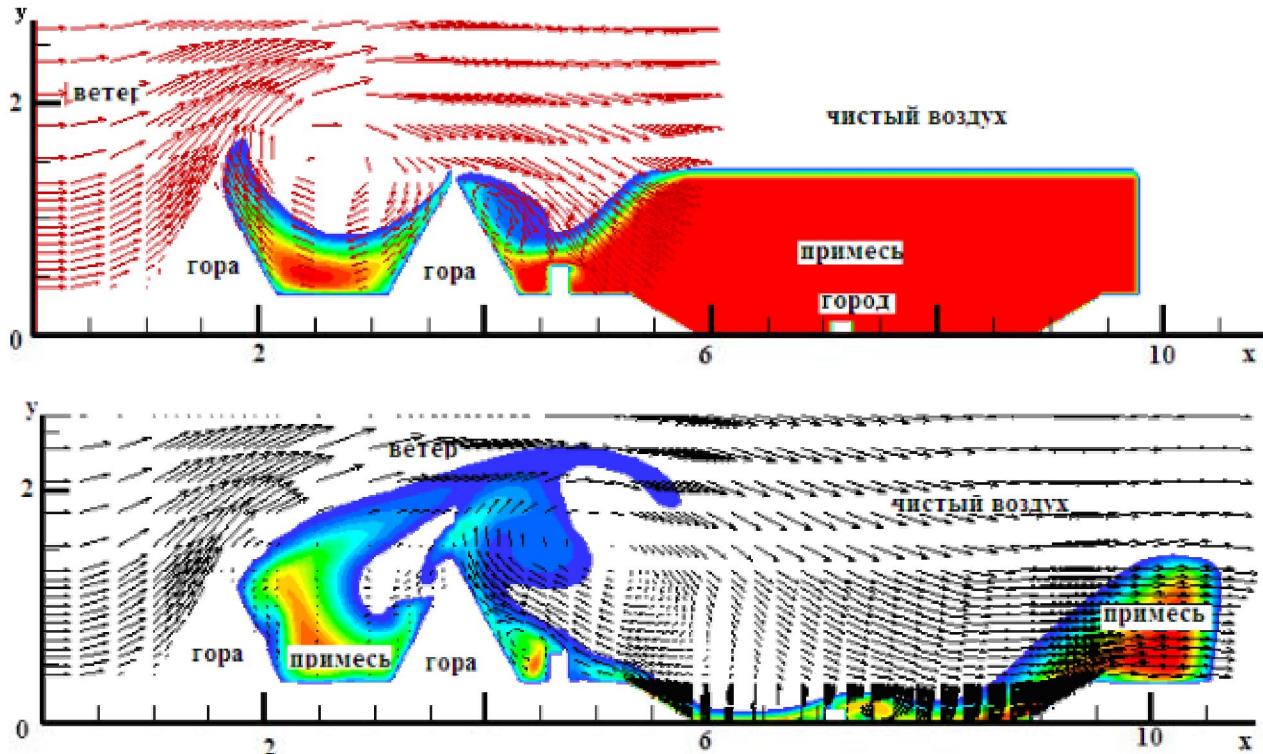


Рис. 1

Верхняя картина рис. 1 соответствует расположению примеси в начальные моменты прохождения ветра из-за двух рядом расположенных гор, образуется закрученное течение между гор. На нижней картине рис. 1 показан почти полный снос примеси, остаются небольшие скопления между гор, между второй горой и высотным зданием и далее в углублении города. Справа от второй горы расположено вихревое течение, что послужило причиной лесного повала.

Удаление примеси струей воздуха из тоннеля. Наблюдения показывают [1], что спасительные ветры со стороны гор бывают редко, в результате над городом подолгу стоит густой смог. Выдув струи из тоннелей позволяет добиться значительного уменьшения содержания примесей. На рис. 2 представлены для трех моментов времени картины переноса примеси струей воздуха из тоннеля в правой горе. При выдуве из тоннеля скорость ветра из-за гор при $x = 0$ не задается, ее компоненты вычисляются из равенства нулю вторых производных, что очевидно из картины при $t = 1,5$, $t = 2,5$, при $t = 2,5$ видно образование ветра из-за гор.

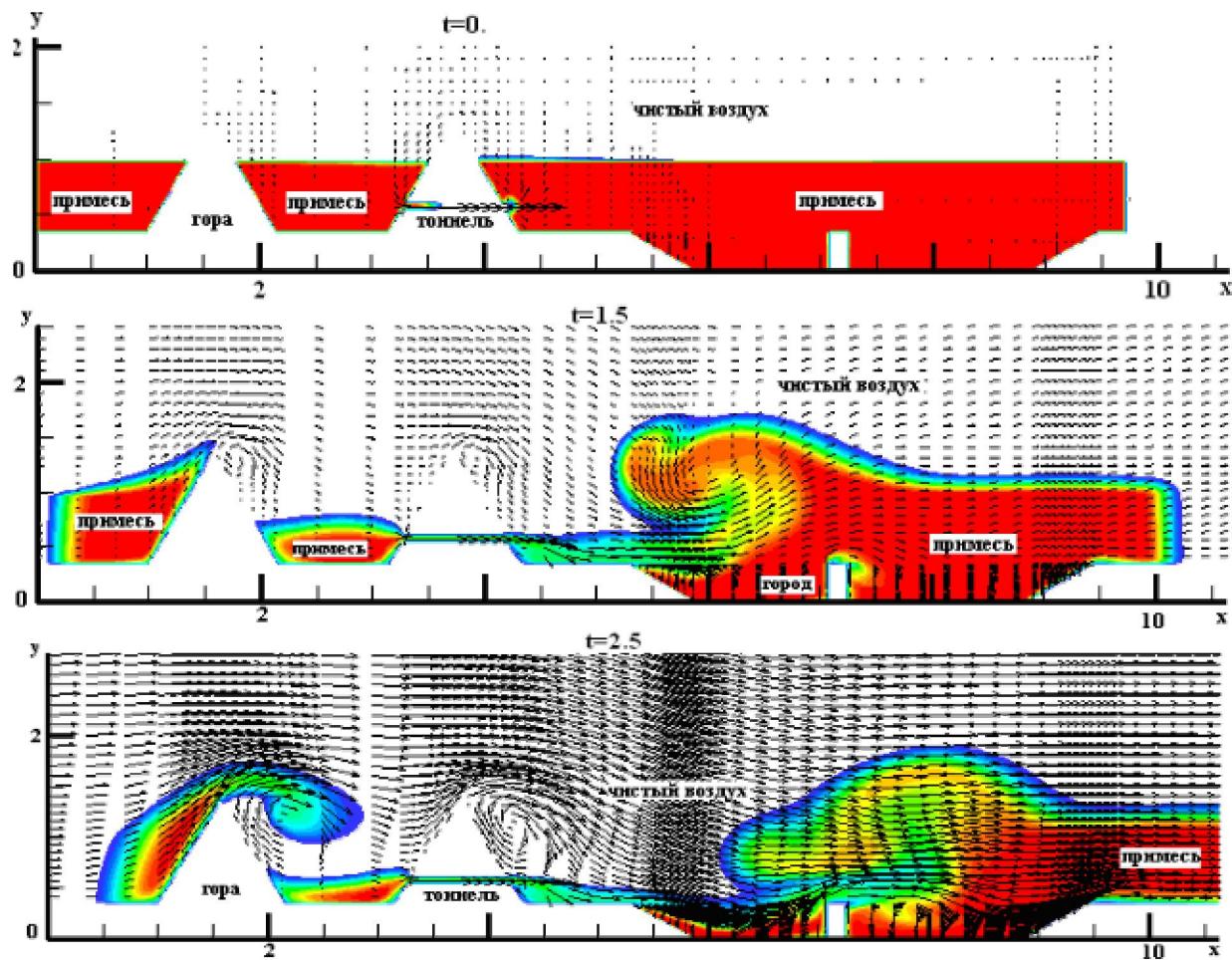


Рис. 2

Удаление примеси струёй из вершины холма. Экономическим преимуществом перед дорогостоящими тоннелями обладают сооружения выдувных устройств на вершинах холмов. На рис. 3 представлены картины переноса смеси для двух моментов времени.

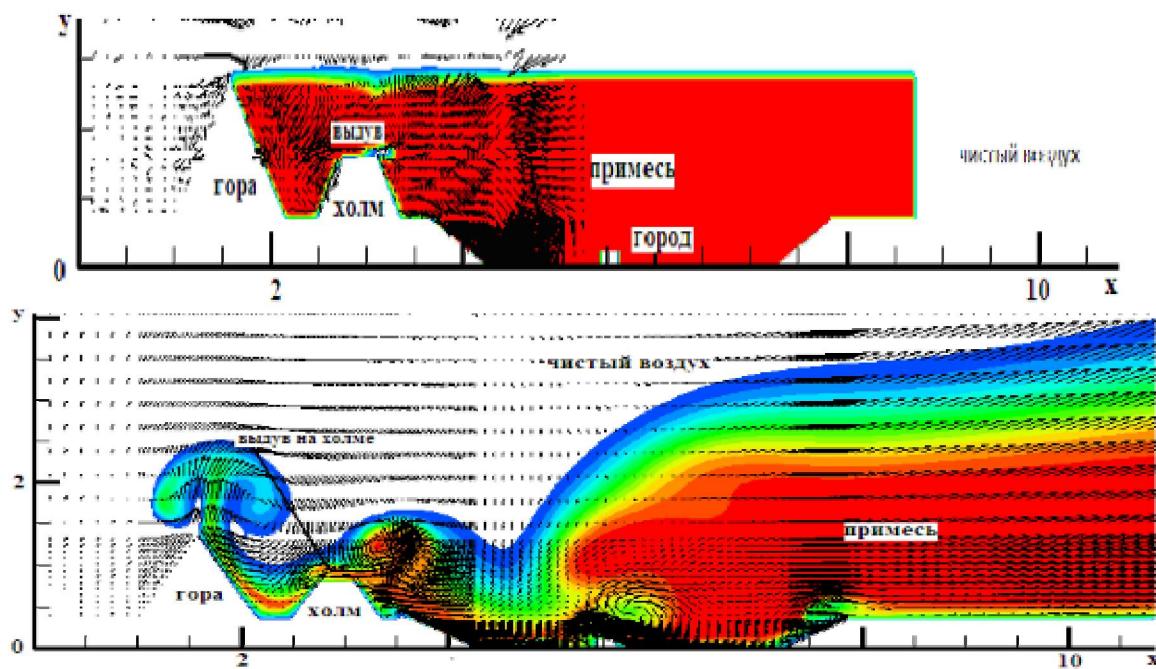


Рис. 3

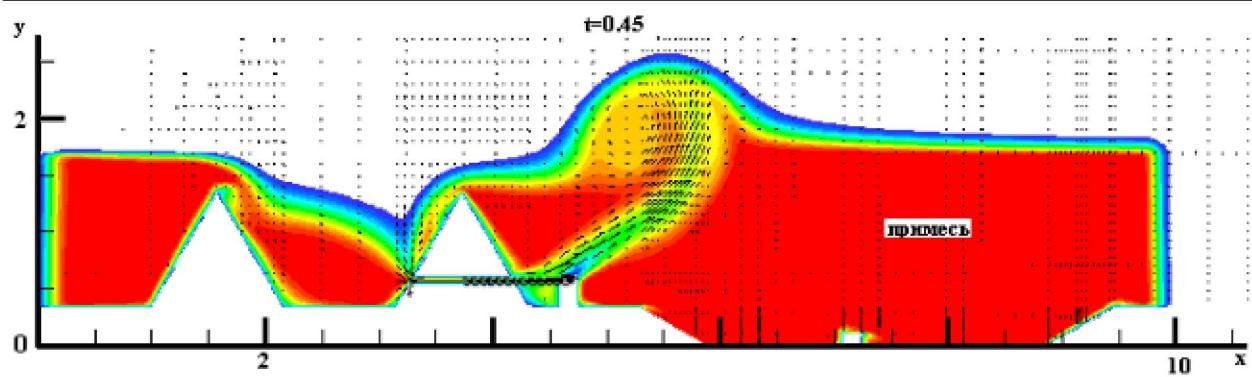


Рис. 4

Влияние высотных зданий удалению примеси при выдуве из тоннеля. На рис. 4 показана остаточная примесь около зданий при выдуве из тоннеля. Главным препятствием здесь являются здания вблизи гор.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Арыстанбекова Н.К. Моделирование загрязнения воздушного бассейна города Алматы. – Алматы: ТОО «Дайк-Пресс», 2011. – 178 с.
- 2 Джақупов К.Б. Коррекции теоретических парадоксов механики сплошной среды. – Алматы: изд-во «К-2», 2012. – 300 с.

K. B. Жақытов

АЛМАТАЫ ҚАЛАСЫНЫҢ АТМОСФЕРАСЫНАН ҚОСПАЛАРДЫ АЙДАП ШЫҒАРУДЫҢ АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ АСПЕКТИЛЕРІН САНДЫҚ ҮЛГІЛЕУ

Таулы жерге орналаскан мегаполистің ауа бассейнінен қоспаларды айдап шығарудың мүмкін болатын нұсқалары қарастырылған. Сандық үлгілеу үшін жетілген тұтқыр газдың іргелі теңдеуінің динамикасы пайдаланылған.

K. B. Dzhakupov

NUMERICAL MODELLING AERODYNAMIC ASPECTS OF REMOVAL OF IMPURITY FROM ATMOSPHERE ALMATY CITY

Possible versions of removal of impurity from air pool of a megacity, races-put in a hilly terrain are considered. For numerous modeling the fundamental equations of dynamics of the viscous perfect gas are involved.