

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВОГО ПОТОКА, ДЕЙСТВУЮЩЕГО НА СВОДЧАТЫЕ ПОКРЫТИЯ ПОД РАЗНЫМИ УГЛАМИ

Ю.А. ВЕСЕЛЕВ, профессор; М.С. КАРАБУТОВ, аспирант

Ростовский государственный строительный университет

344025, ул.2-я Пролетарская, 52/54, кв.86, kmcmisha@yandex.ru

В данной статье были рассмотрены особенности влияния ветрового потока, действующего на сводчатые покрытия под разными углами. Расчеты выполнялись с помощью программного комплекса COSMOSFloWorks. Была смоделирована аэродинамическая труба с помещенным в нее сводом из вальцованных профилей. Методологической основой исследования явились уравнения Навье-Стокса и уравнения состояния компонентов текучей среды. Результатом явилось определение траекторий движения воздушного потока, аэродинамических коэффициентов и давления в любой точке свода.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ветровой поток, сводчатое покрытие, аэродинамическая труба.

С помощью программного комплекса COSMOSFloWorks была смоделирована виртуальная аэродинамическая труба, в которую был помещен рассчитываемый ребристый свод из вальцованных металлических профилей. Была назначена скорость ветра, и рассчитаны траектории обтекания ветровым потоком свода. Движение и теплообмен текучей среды в COSMOSFloWorks моделируются с помощью уравнений Навье— Стокса, описывающих в нестационарной

постановке законы сохранения массы, импульса и энергии этой среды. Кроме того, используются уравнения состояния компонентов текучей среды, а также эмпирические зависимости вязкости и теплопроводности этих компонентов среды от температуры.

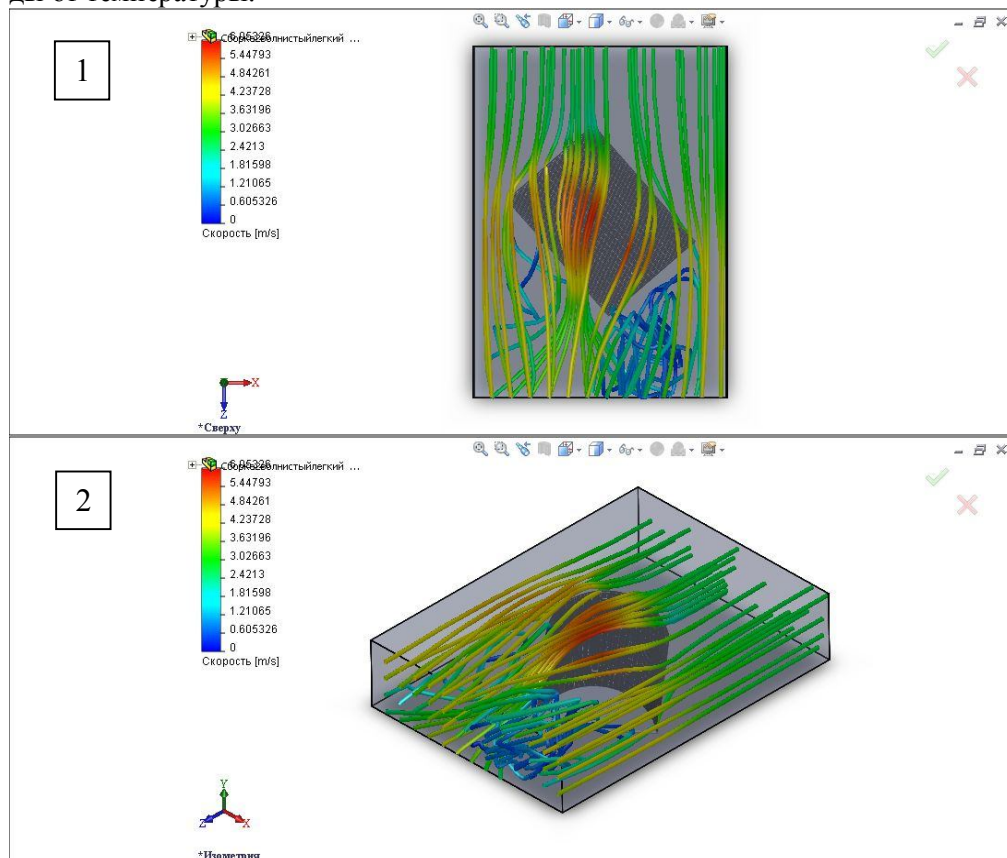
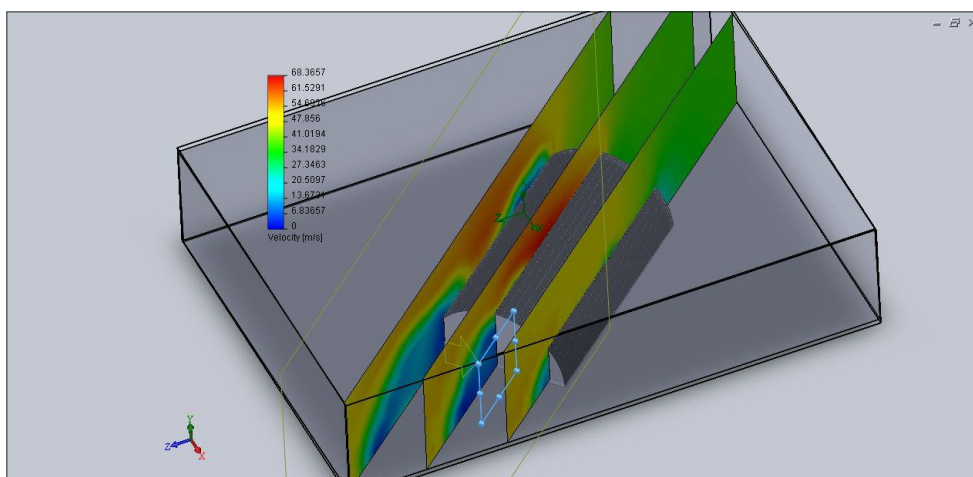
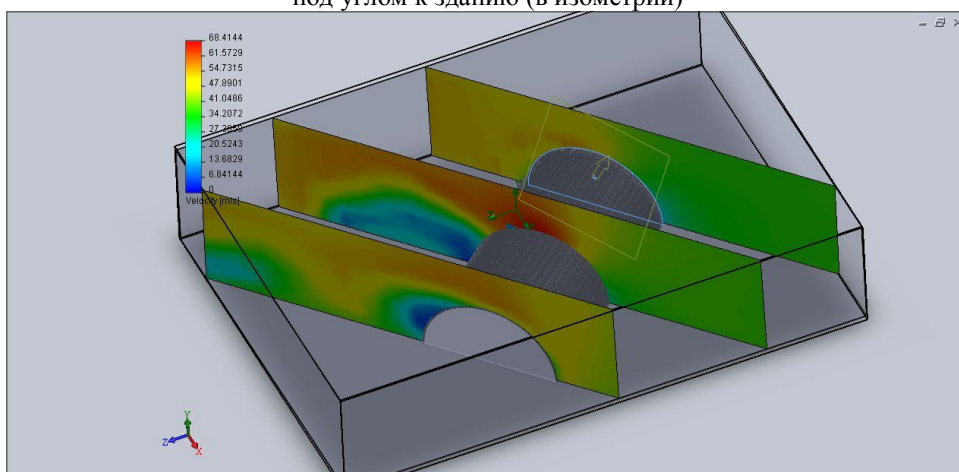


Рис. 1. Воздушные потоки при действии ветра под углом к зданию
1-вид сверху, 2- изометрия.

Неньютоновские жидкости задаются зависимостью их коэффициента вязкости от скорости сдвиговых деформаций и температуры - сжимаемые жидкости задаются зависимостью их плотности от давления. Этими уравнениями моделируются турбулентные, ламинарные и переходные течения. Между ламинарным и турбулентным течениями переход определяется критическим значением числа Рейнольдса. Для моделирования турбулентных течений (они встречаются в инженерной практике наиболее часто) упомянутые уравнения Навье — Стокса осредняются по Рейнольдсу, т.е. используется осредненное по малому масштабу времени влияние турбулентности на параметры потока, а крупномасштабные временные изменения осредненных по малому масштабу времени составляющих газодинамических параметров потока (давления, скоростей, температуры) учитываются введением соответствующих производных по времени. В результате уравнения имеют дополнительные члены — напряжения по Рейнольдсу, а для замыкания этой системы уравнений в COSMOSFloWorks используются уравнения переноса кинетической энергии турбулентности и ее диссипации в рамках k - z модели турбулентности [1]. Расчет был произведен при действии ветра в торец здания (вдоль образующей свода), перпендикулярно и под углом к зданию. Полученные траектории воздушного обтекания свода с цветовой индикацией скоростей потоков показаны на рис. 1-6 .



а) Картина скоростей воздушных потоков по сечениям свода при действии ветра под углом к зданию (в изометрии)



б) Картина скоростей воздушных потоков по сечениям свода при действии ветра под углом к зданию (в изометрии)

Рис. 2

На рис. 1 - 6 видны воздушные зоны, где скорости потоков замедляются или ускоряются. Визуализация результатов расчета показывает, что ветер оказывает значительное влияние на конструкцию, причем это действие существенно зависит от направления ветра. При действии ветра вдоль свода в зонах, близких к поверхности свода, наблюдается значительное понижение скорости ветра, вызванное ребристой формой конструкции свода, состоящего из повторяющихся вальцованных профилей «U»-образного сечения (рис.7).

Увеличение скорости ветра вблизи конька здания соответствует понижению давления воздуха. Таким образом, между воздухом под крышей, находящимся в состоянии покоя, где давление можно считать равным атмосферному, и воздухом над крышей, где давление пониженное, возникает разница давлений, которая может создать при сильном ветре значительную подъемную силу. Считая, что давление на удалении от здания равно давлению под крышей, определим отрицательное (пассивное) давление над крышей здания, используя уравнение Бернулли

$$P = p \cdot (U^2 - U_{\text{на крыше}}^2) / 2, \quad (1)$$

где p – плотность воздуха ($1,2 \text{ кг/м}^3$); $U_{\text{на крыше}}$ – скорость ветра вблизи крыши здания; U – скорость ветра на удалении от здания.

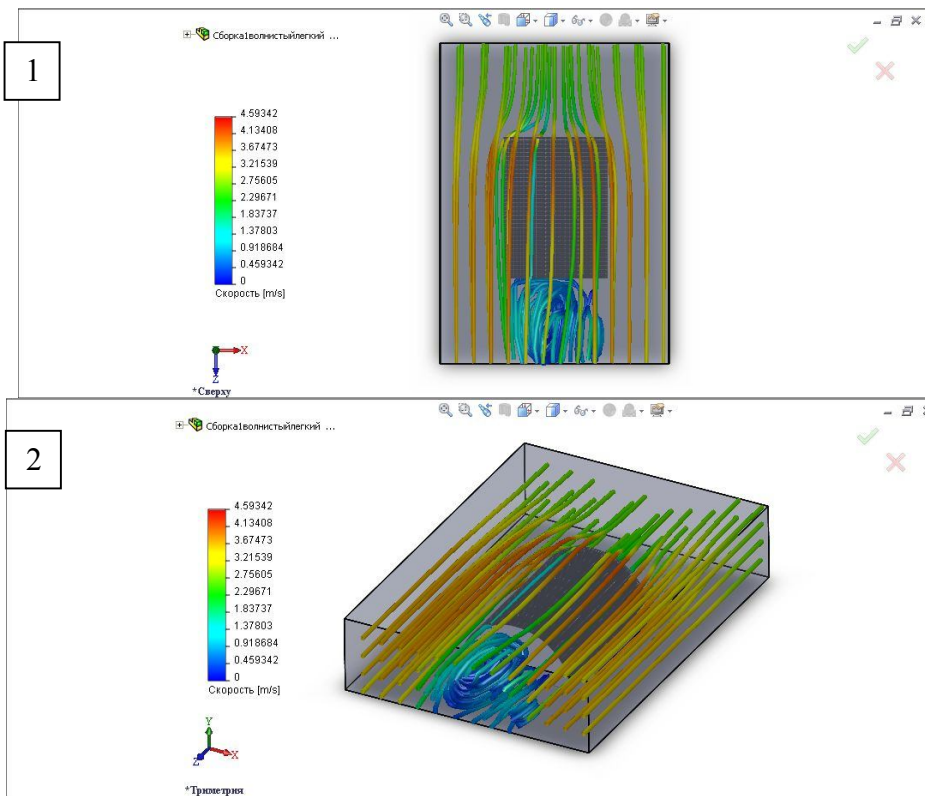


Рис. 3. Воздушные потоки при действии ветра параллельно зданию.
1-вид сверху, 2- изометрия

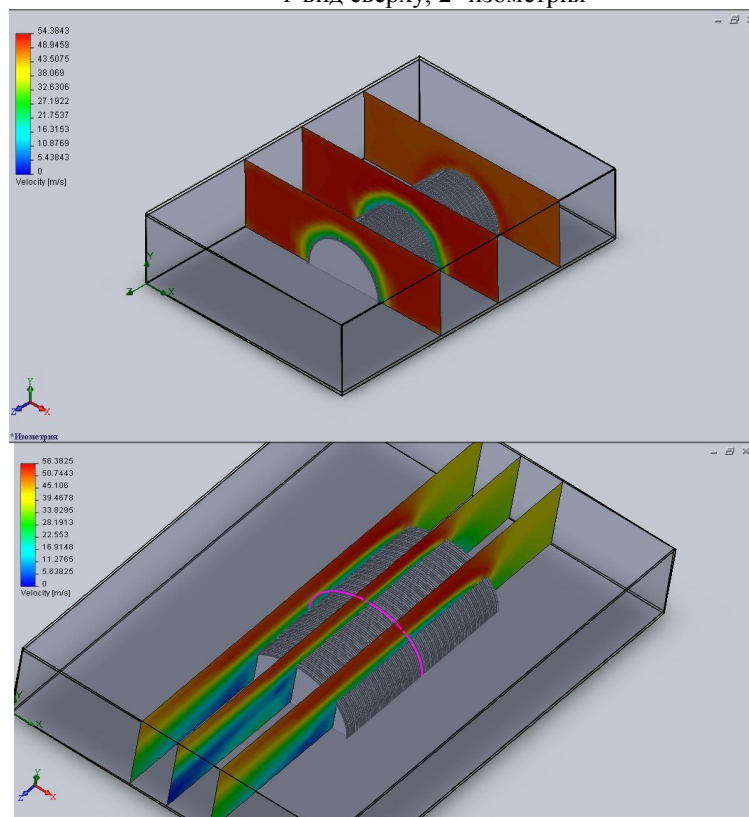
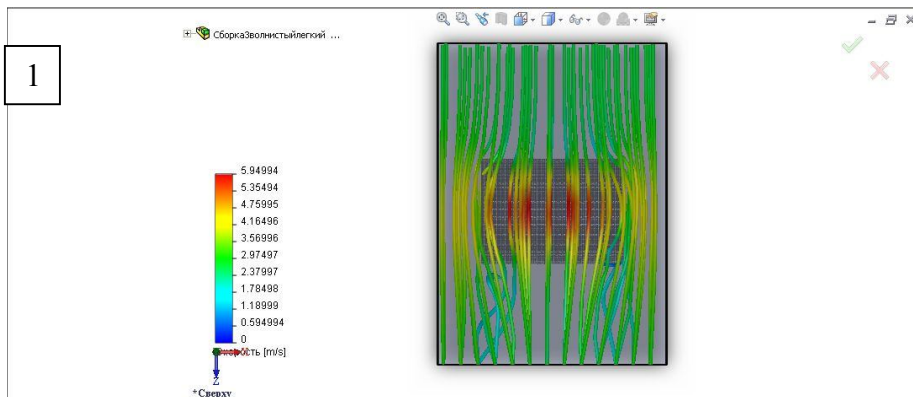
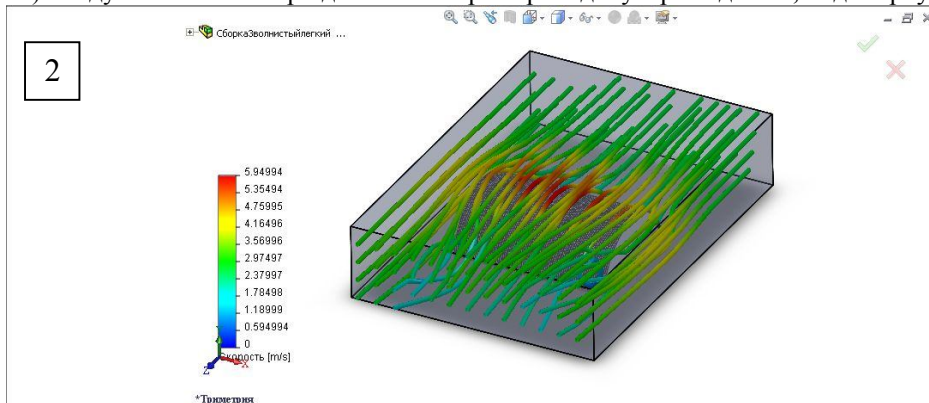


Рис. 4. Картина скоростей воздушных потоков по сечениям свода при действии ветра параллельно зданию (в изометрии).



а) Воздушные потоки при действии ветра перпендикулярно зданию, вид сверху



б) Воздушные потоки при действии ветра перпендикулярно зданию, изометрия
Рис. 5

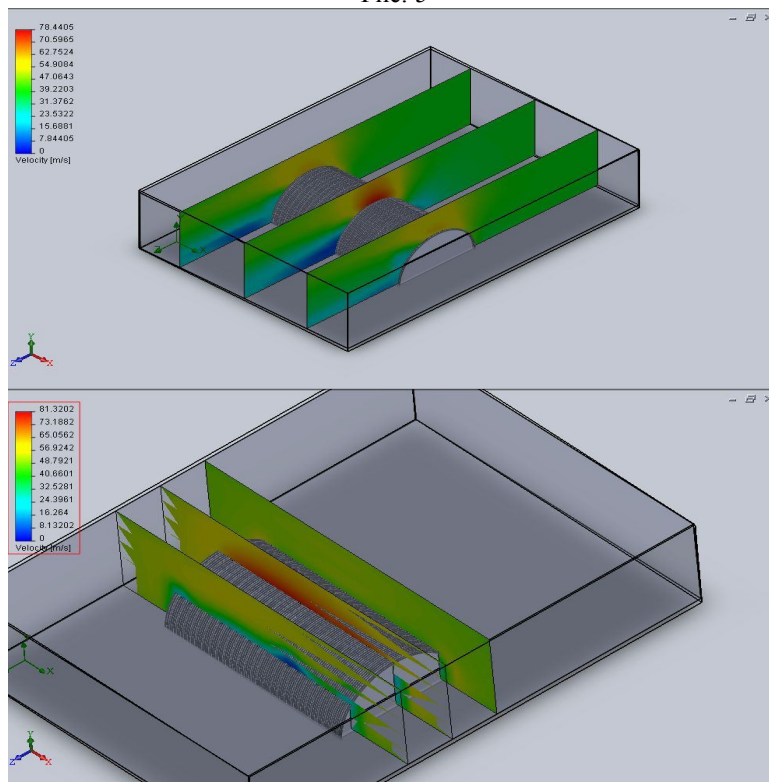


Рис. 6. Картина скоростей воздушных потоков по сечениям свода при действии ветра перпендикулярно зданию (в изометрии).

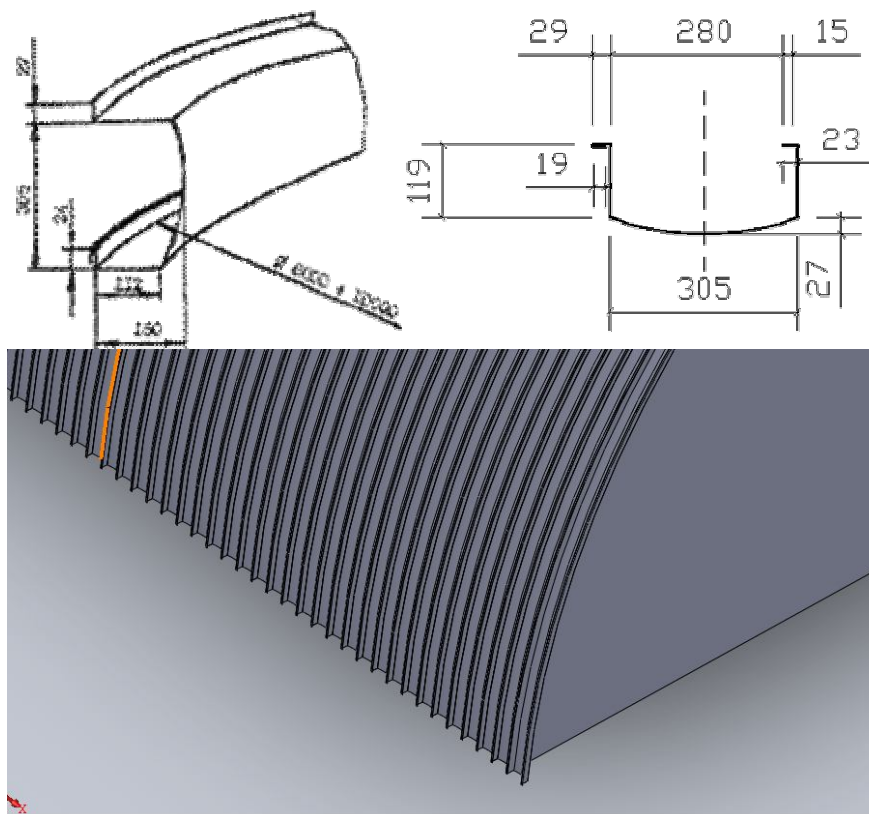


Рис. 7. Конструкция свода из вальцованных профилей

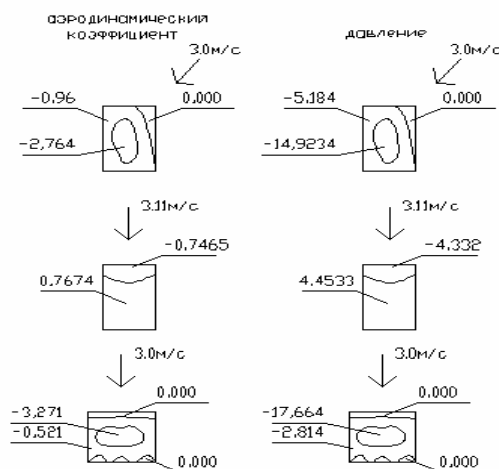


Рис. 8. Зоны распределения давлений и аэродинамических коэффициентов

После определения давления от разрежения над крышей были построены эпюры распределения давлений, и по известным давлениям был рассчитан аэродинамический коэффициент при воздействии ветрового потока на покрытие по формуле [2]

$$k = P/(pU^2/2). \quad (2)$$

По полученным данным аэродинамических коэффициентов были построены картины изолиний распределения аэродинамических коэффициентов (рис.8).

Характер изменения давления на поверхность свода по его продольным и поперечным сечениям, при действии ветра под разными углами, показан цветовыми изоповерхностями на рис. 9 – 11.

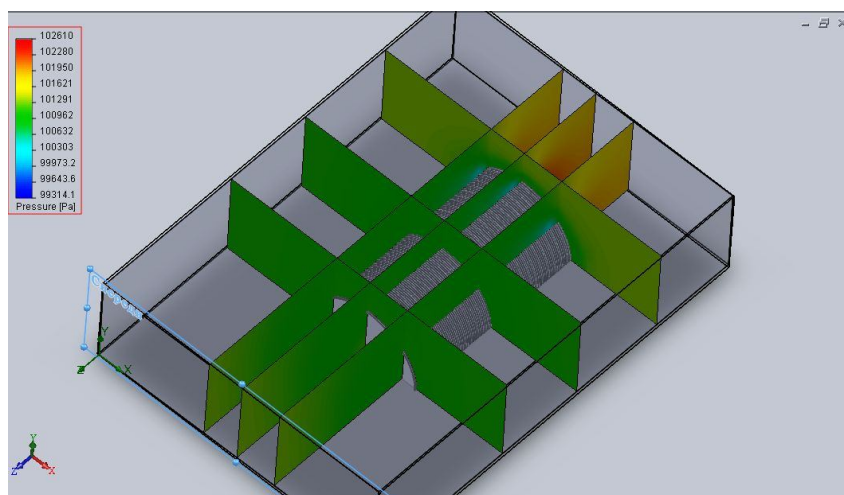


Рис. 9. Изоповерхности давления воздуха по сечениям при действии ветра вдоль свода

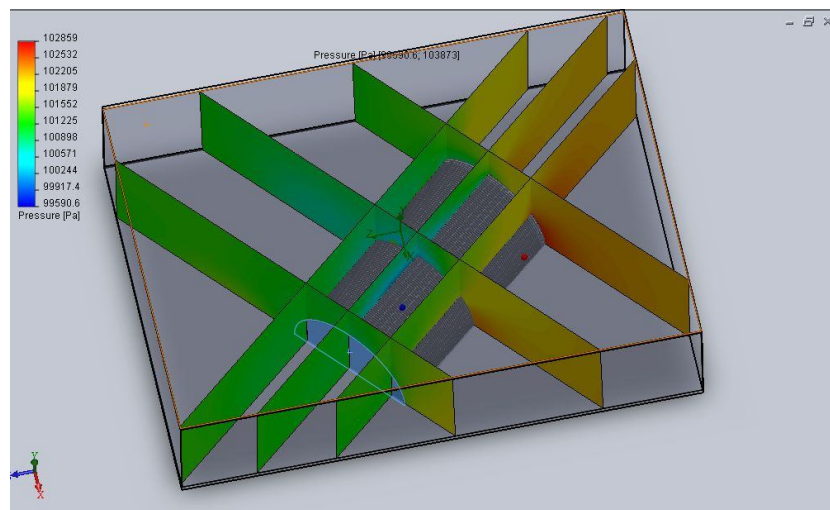


Рис. 10. Изоповерхности давления воздуха по сечениям при действии ветра под углом к своду

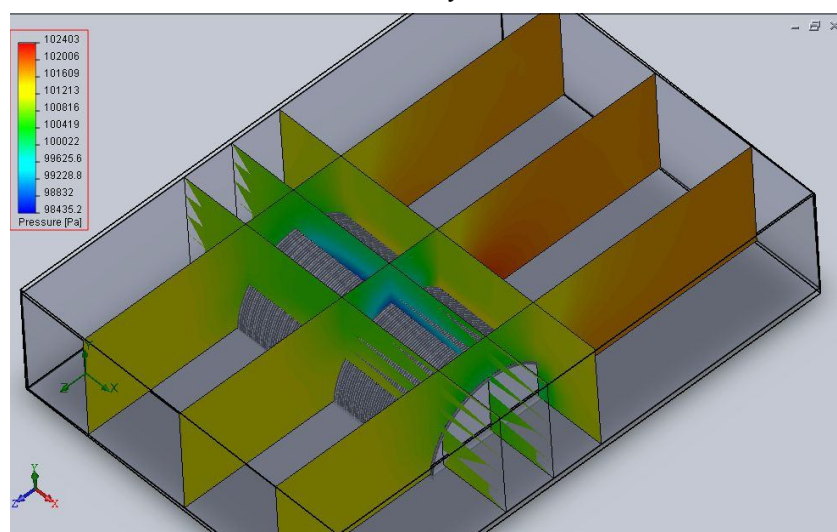


Рис. 11. Изоповерхности давления воздуха по сечениям при действии ветра перпендикулярно к своду

Л и т е р а т у р а

1. *Алямовский А.А.*. Компьютерное моделирование в инженерной практике. – СПб, 2008. – 1040 с.
2. *Смыслов В.В.* Гидравлика и аэродинамика. – 1979. – 336 с.

FEATURES OF INFLUENCE OF WIND FLOW ACTING ON DOMES AT DIFFERENT ANGLES

Veselev Yu.A., Karabutov M.S.

In this paper the features of the wind flow's influence impacting at the different angles on the arched covers are given. The calculations were based on the COSMOSFloWorks software package. The virtual aerodynamic tunnel with the roll shape arch, located in it was designed. The Navier-Stokes equation and the equation of the condition of the fluid medium's components is the methodological basis of the research. The estimation of the wind flow's motion paths, aerodynamic factors and the pressure in every point of the arch is presented.

Es wurde die Eigenschaften von dem Einfluß von Luftstrom, der auf die Gewölbedeckung unter verschiedenen Winkeln wirkt, betrachtet. Die Rechnungen wurden anhand des Softwareproduktes COSMOSFloWorks gemacht. Das virtuelle aerodynamische Rohr mit dem hineingestellten Gewölbe aus den Walzenprofilen wurde damit modelliert. Die methodologische Grundlage der Forschung sind die Navier-Stokes Gleichungen und die Gleichungen von dem Zustand der Elemente von Fluid. Als Resultat wurden die Luftlaufbahn, aerodynamische Koeffiziente und der Luftdruck in jedem Punkt des Gewölbes festgestellt.

