

Экспериментальные исследования

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ СВОДА ИЗ ВАЛЬЦОВАННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТОНКОСТЕННЫХ ПРО- ФИЛЕЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЕТРА И СРАВНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ С РЕЗУЛЬТАТАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБДУВАНИЯ СВОДА ВЕТРОМ

Ю.А. ВЕСЕЛЕВ, *проф.*,

М.С. КАРАБУТОВ, *аспирант*

*Ростовский государственный строительный университет
344025, Ростов-на-Дону, ул.2-я Пролетарская, 52/54, кв.86
kmcmisha@yandex.ru*

В данной статье было проведено сравнение экспериментальных данных, полученных натурными зазорами перемещений свода из тонколистовых металлических вальцованных профилей при воздействии на него ветровой нагрузки, с данными компьютерного моделирования по методике, изложенной в научной статье Веселева Ю.А., Карабутова М.С. «Приведение вальцованного U-образного профиля с редуцированными жесткостными характеристиками к гладкому тавровому профилю». Замеры перемещений точек свода производились в четвертях и в середине углового раскрытия свода при скорости ветра, равной 9 м/сек. Моделирование свода выполнялось с помощью программного комплекса Solid Works, а ветрового потока - путем создания виртуальной аэродинамической трубы с использованием возможностей программного комплекса COSMOSFloWorks. Методологической основой исследования явились уравнения Навье-Стокса и уравнения состояния компонентов текучей среды. Результатом явились расчет и сопоставление максимальных перемещений, полученных путем эксперимента и компьютерного моделирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цилиндрический свод, обдувание ветром, компьютерное моделирование, уравнения Навье-Стокса.

Целью настоящей работы является сравнение экспериментальных данных, полученных натурными зазорами перемещений свода из тонколистовых металлических вальцованных профилей, с данными расчета этого же свода с приведенными толщиной оболочки и ребрами по методике, изложенной в [1], при воздействии на него ветровой нагрузки. Пролет свода составляет 18 м, стрела подъема 8.5 м. Толщина листовой стали, из которой изготовлены вальцованные профили кругового очертания, составляет 1 мм. Вальцованные профили корытообразного сечения имеют ширину, равную 300 мм, высоту в середине профиля 136 мм.

Сам свод представляет собой ангар, боковые стороны которого жестко заделаны в бетонном фундаменте.

1. Экспериментальные результаты для свода при воздействии на него ветра

Замеры перемещений точек свода производились в четвертях и в середине углового раскрытия свода при скорости ветра, равной 9 м/сек (рис.1). В указанных точках на своде были закреплены планшеты с нанесенными на них сеточными шкалами. Эти планшеты снимались на кинокамеры, установленные неподвижно вне свода. Таким образом, по смещению шкалы относительно точки прицела камеры при просмотре фильма определялись как горизонтальные, так и вертикальные смещения наблюдаемой точки свода.

Максимальное горизонтальное перемещение свода составило 3 мм в точке замера с наветренной стороны (рис.1).

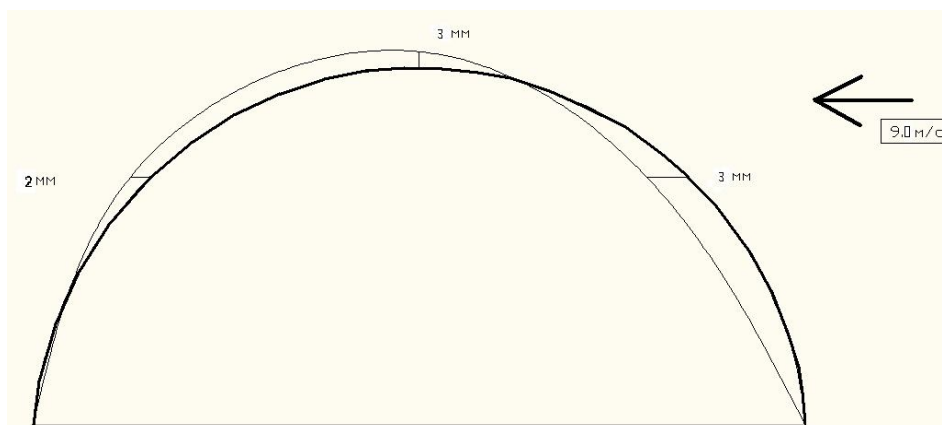


Рис.1. Перемещения точек свода, полученные экспериментально

2. Моделирование свода для расчета его по конечно-элементной методике на ветровую нагрузку

Моделировать исследуемый свод в натуральном виде из вальцованных профилей не представляется возможным даже для современных вычислительных средств – слишком мелкими являются гофры по отношению к генеральным размерам сводов. Таким образом, предложенная методика [1] по приведению свода из вальцованных профилей к гладкому своду с ребрами, расположенными с шагом, равным ширине профилей, имеет чисто практическое значение для решения подобного рода задач.

По этой методике с использованием программного комплекса Solid Works смоделируем свод, показанный на рисунке 2, который имеет в направлении окружности такие же изгибные и продольные жесткости, что и исходный свод. Кроме того, высота ребер с приведенными толщинами этого свода имеет практически такую же высоту, что и высота исходных вальцованных профилей – это важно при изучении влияния «шероховатости» свода при пространственном расчете его на ветровую нагрузку, действующую под различными углами к этому своду.

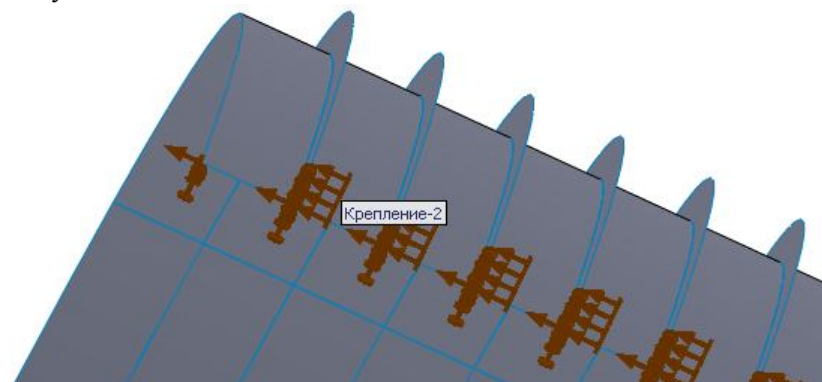


Рис. 2. Гладкий свод с реберным подкреплением

Для моделирования ветрового потока создаем виртуальную аэродинамическую трубу с использованием возможностей программного комплекса COSMOSFloWorks. Помещаем в нее модель свода и производим расчет траекторий обтекания свода воздушными потоками и соответствующих скоростей движения воздуха (рис. 3) для второго ветрового района. На рисунке в цветном изображении представлены траектории воздушных потоков, где цветом пока-

зывается скоростью, оценить которую можно по соответствующей цветовой шкале.

По результатам расчета ветрового потока было определено ветровое давление на свод. Можно выделить три зоны ветрового давления: две нижние зоны с активным давлением и верхняя зона с пассивным давлением (рис. 4).

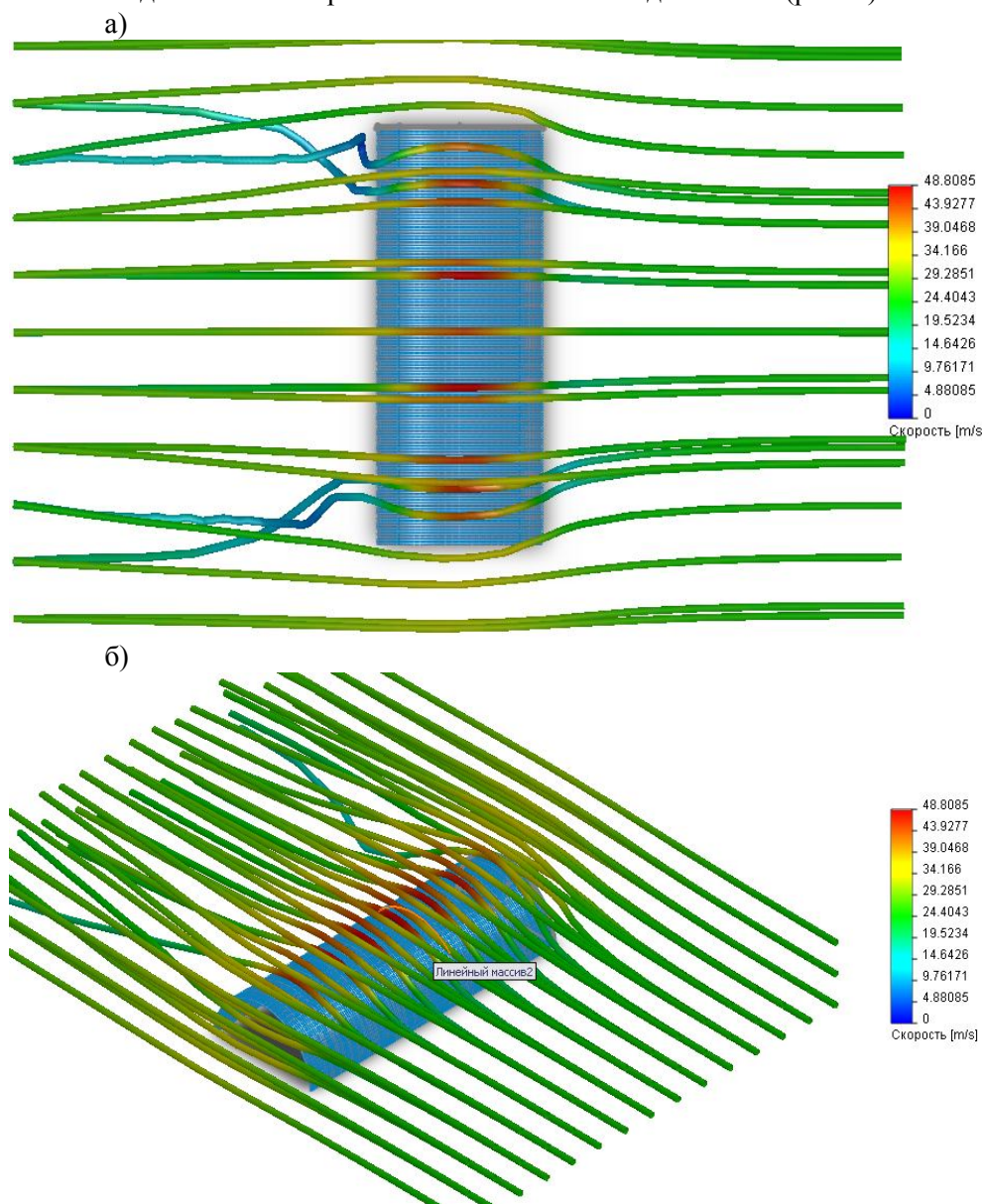


Рис.3. Результаты моделирования воздушного потока :
а - вид сверху, б – изометрический вид

Величины полученных ветровых давлений по зонам соответственно:
 $w_1 = 18,77$ Па, $w_2 = -39,36$ Па, $w_3 = -5,96$ Па. В результате конечно-элементного расчета свода на смоделированную ветровую нагрузку были получены перемещения свода, которые представлены на рис. 5.

3. Сравнение результатов

Максимальное перемещение свода, полученное экспериментально при скорости ветра 9м/сек, составило 3 мм, как показано на рис.1. Максимальное же

перемещение, полученное в результате моделирования ветровой нагрузки на свод и дальнейшего конечно-элементного расчета, составило 1.72 мм при той же скорости ветра. Разница в результатах по перемещениям 42,6%.

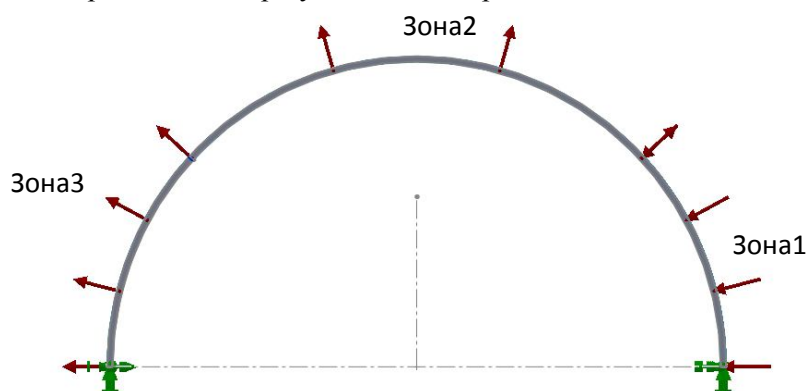


Рис.4. Направление действия ветрового давления на свод по результатам моделирования воздушного потока

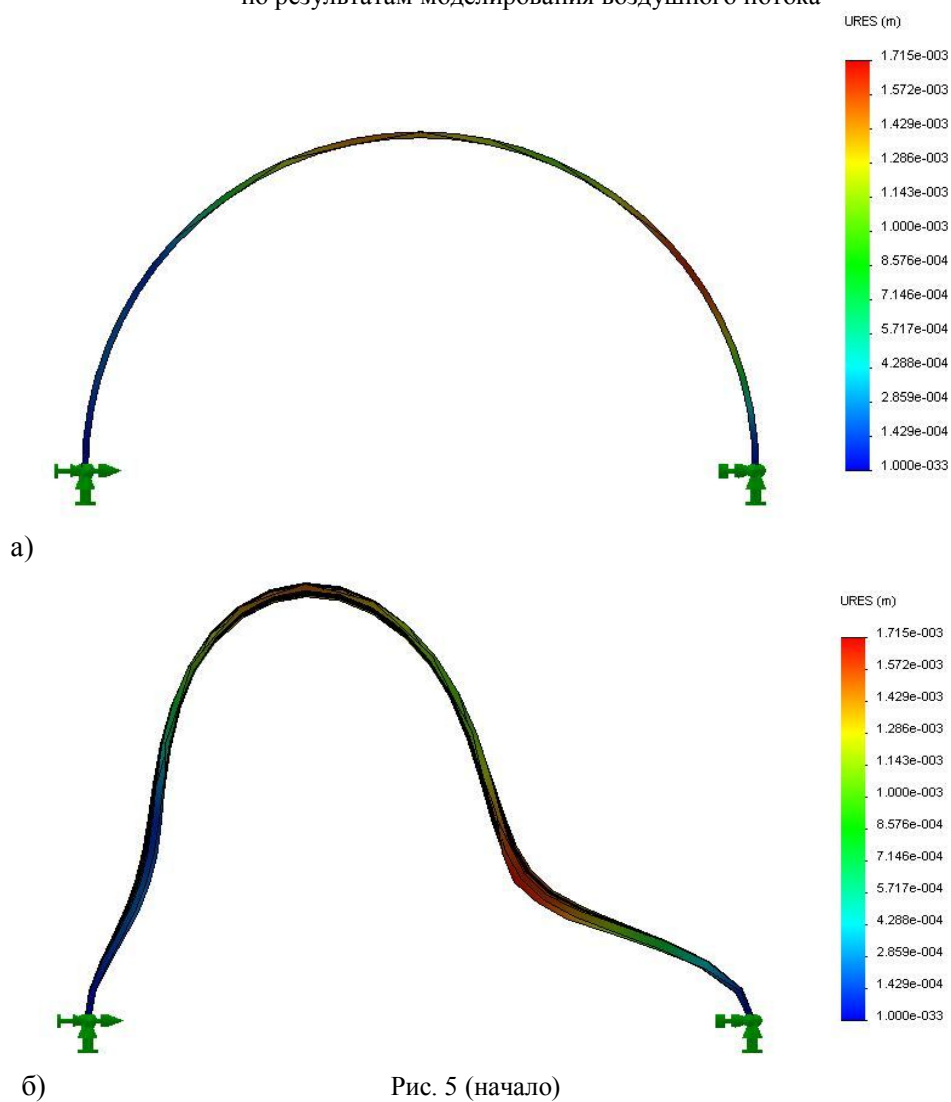


Рис. 5 (начало)

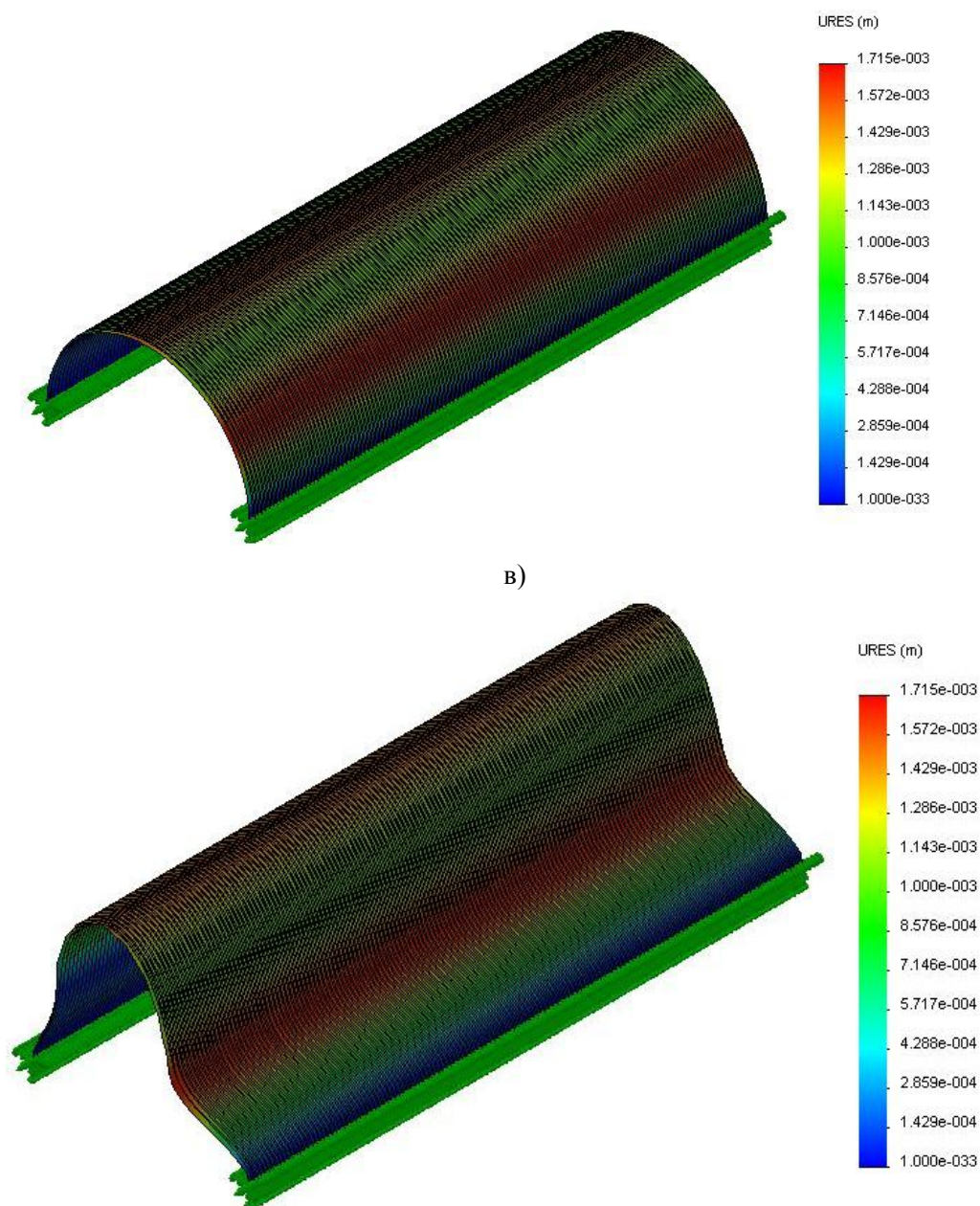


Рис.5 (продолжение). Перемещения свода, полученные расчетом:
 а, б – перемещения и характер деформирования поперечного сечения;
 в - перемещения и характер деформирования свода в целом (аксонометрия).

Разница в результатах объясняется, с одной стороны, накоплением вычислительной погрешности численных методов, лежащих в основе применяемой методики и, с другой стороны, идеализацией опорных закреплений свода, которые, скорее всего, обладают упругой податливостью поворота вследствие тонкостенности вальцованных профилей.

Л и т е р а т у р а

1. *Веселев Ю.А., Карбутов М.С.* Приведение вальцованного U-образного профиля с редуцированными жесткостными характеристиками к гладкому тавровому профилю// *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений.* – 2012. – № 1. – С. 30-36.

**EXPERIMENTAL RESEARCH OF BEHAVIOR OF SHELL MADE OF
ROLLED METAL THIN-SHEET PROFILES SUBJECTED TO THE WIND ACTION
AND COMPARISON OF EXPERIMENTAL RESULTS WITH THE RESULTS OF
COMPUTER MODELING OF WIND PRESSURE**

Yu.A. Veselev, M.S. Karabutov

There was made a comparison of the experimental results, which were made on the basis of rolled metal thin-sheet profiles arch's full-size shift under the wind load influence on the one hand, and computer modeling results by the method, which was described in the article of Veselev, Yurii and Karabutov, Michael *Reduction of rolled U-shaped profiles with reduced rigid features to an even T-shaped profile*. Measurement of the arch'points shift was made in the quarter and in the middle of the arch's angular opening with the wind speed of 9 m/c. The arch modeling was based on the Solid Works software package as well as the modeling of wind flow by means of the virtual aerodynamic tunnel's construction was based on the COSMOSFloWorks software package. The methodological basis of the research are the Navier-Stokes equation and the equation of the condition of the fluid medium's components. The results are the estimation and comparison of the maximal arch shifts under experiment and computer modeling as well as the substantiation of all results.

KEY WORDS: arch of rolled metal thin-sheet profiles, wind load, computer modeling, the Navier-Stokes equation.

