

УДК 624

## ЭКСПЕРТИЗА КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ПНЕВМОКАРКАСНОГО СООРУЖЕНИЯ, РАСПОЛОЖЕННОГО НА РАЗРЕЗЕ «ЗАРЕЧНЫЙ»

Ардеев В. Н., доцент кафедры СКВиВ  
Покатилов А. В., к.т.н., директор института  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Специалистами Строительного института КузГТУ выполнены работы по экспертизе качества выполненных работ при возведении пневмокаркасного сооружения, расположенного на разрезе «Заречный».

Необходимость проведения обследования была связана с потерей сооружения несущей способности.

20.09.2014 года в производство запущено пневмокаркасное арочное сооружение (в дальнейшем – пневмоангар, ПКАС). Назначение ПКАС: гаражный ангар для размещения и ремонта «БелАЗов» г/п 220 тонн. Место установки: Кемеровская область, Прокопьевский район, разрез «Заречный».

Пневмоангар является надувной конструкцией, несущим и стабилизирующим элементом в которой является воздух с небольшим избыточным давлением.

Данное пневмокаркасное сооружение имеет:

- внутренние размеры Ш×В×Д: 30×15×64.5 метров,
- габаритные размеры Ш×В×Д: 36×18×69 метров,
- диаметр баллонов арок 3 метра;
- укрываемая площадь: 2 376 м<sup>2</sup>.

Общий вид пневмоангаря после монтажа приведены на рис. 1, его составные части на рис. 2, а план анкеровки сооружения на рис. 3. При проектировании пневмоангаря учитывались требования СН 497-77.

Рабочее давление внутри пневмобаллонов должно быть в пределах 0,02...0,11 атмосферы (избыточного давления).

Эксплуатационные характеристики пневмоангаря: температура окружающей среды от +60 до -50 °С; скорость ветра до 27 м/сек; туман, роса, дождь до 100 кг/м<sup>2</sup>.



Рис. 1 – Общий вид сооружения после монтажа

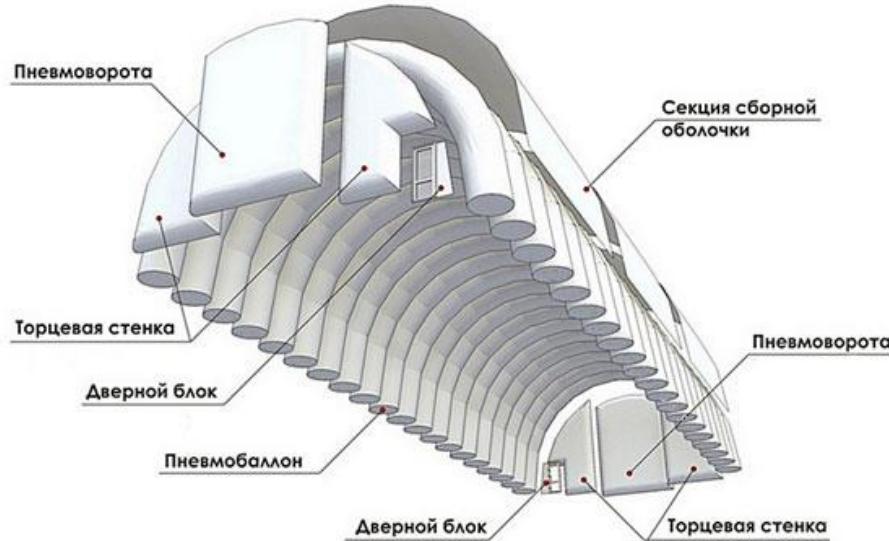


Рис. 2 – Составные части пневмоангара

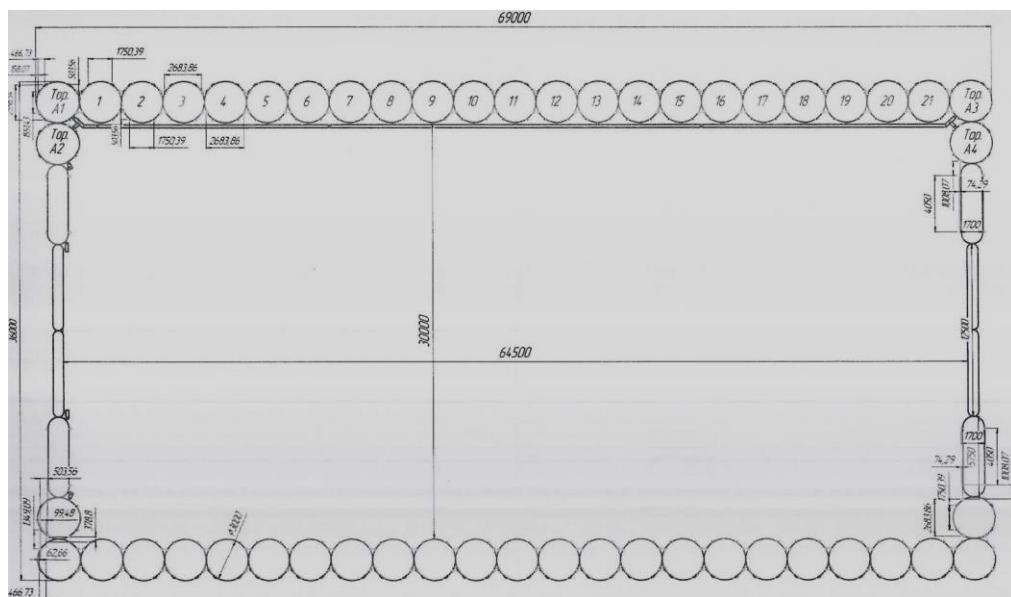


Рис. 3 – План пневмоангары

Обследование конструкций автоангаря проведено после его демонтажа. ООО «РОСАНГАР» поставило на «Разрез Заречный» ПКАС, которое было введено в эксплуатацию 11.02.2015 г.

За период эксплуатации ПКАС неоднократно обнаруживались дефекты (не герметичность пневмобаллонов каркаса, порывы палатки, сбои в работе нагнетательной установки и воздухонагревателей). По мере выявления недостатков, в адрес ООО «РОСАНГАР» отправлялись многочисленные письма с заявкой об устранении дефектов по гарантии.

Вследствие порывов ветра 04.10.2015г. не превышающих 23м/с (согласно сводки погоды в ближайшем населённом пункте Большая Талда), ПКАС получило следующие повреждения:

1. Полог, которым накрывается ПКАС, получил значительные повреждения (крепёж полога разрушился, полог разорвало на многочисленные фрагменты).
2. Проушины крепления створок ворот повреждены, створки и треугольники вырваны из проёма ворот.
3. Повреждены крепления пневмобаллонов каркаса с 11 по 23 к бетонным плитам основания по левой стороне.
4. Повреждено крепление и приточно-вытяжной вентиляции.
5. Повреждены дымоходы котлов воздухонагревателей, а также сгорела электропроводка на 3 котлах.

В результате полученных повреждений, дальнейшее использование пневмоангаря по назначению не представлялась возможным.

Фотографии полученных дефектов приведены на рис. 4.

Для определения причин обрушения проведен анализ ветровых нагрузок и определена прочности крепежных элементов.

В соответствии с паспортом сооружения несущая способность ангаря обеспечивается при скорости ветра до 27 м/с. Согласно п.11.1.4 [4] данной скорости ветра, полученной с десятиминутным усреднением, соответствует нормативное ветровое давление  $w_0=0,43 \cdot v_{50}^2=0,43 \cdot 27^2=314$  Па=0,31кПа. Данное ветровое давление согласно табл. 11.1 соответствует II-ому ветровому району. Промышленная площадка разреза «Заречный», согласно карты 3 [4], находится в III-ем ветровом районе с нормативной ветровой нагрузкой 0,38 кПа. Нормативная нагрузка соответствует 50% вероятности не превышения. С учетом коэффициента надежности по нагрузке для ветрового давления  $\gamma_f=1,4$  по 11.1.2 [4] расчётное давление ветра с 98% вероятностью не превышения составляет  $0,38 \cdot 1,4=0,53$  кПа. Недооценка ветровой нагрузки составила  $0,53/0,31=1,71$  раза (71%).



Рис. 4 – Повреждения элементов пневмоангара

Кроме того, ссылочным нормативным документом в паспорте сооружения является СНиП II-6-74 «Нагрузки и воздействия». На период проектирования, изготовления и монтажа действовал другой нормативный документ СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия». Принципиальным отличием СНиП 2.01.07-85\* от СНиП II-6-74 является требование дополнительного учета пульсации ветра. Нижняя (минимальная) оценка относительного увеличения ветрового давления, вызванного ветровой пульсацией может быть произведена с учетом п.11.1.8 а) [4 в предположении статической реакции сооружения на пульсацию]. В этом случае, относительное увеличение ветрового давления за счет ветровой пульсации может быть записано в виде:

$$w_p/w_m = w_m \cdot \zeta(z_e) \cdot v / w_m = \zeta(z_e) \cdot v = 0,70 \cdot 0,69 = 0,49 \text{ (49% от среднего ветрового давления } w_m).$$

Таким образом, общая недооценка расчетного ветрового давления могла составить не менее  $1,71 \cdot 1,49 = 2,55$  раза.

Для определения прочности крепежа проведены испытания отдельных крепёжных элементов в лаборатории строительных конструкций КузГТУ.

Испытания проводились на испытательной машине с диапазоном нагрузки до 1000 кгс с точностью 2 кгс. Общий вид испытательной машины и образцов приведён на рис. 5.

Были испытаны на прочность элементы соединений пневмоарок: соединительные карабины; скобы и сборные узлы.

Разрушающая нагрузка изменялась от 98 до 278 кгс. Минимальную нагрузку на карабин равную 98 кгс можно отнести к бракованному элементу. В целом все элементы показали примерно равную прочность, превышающую 218 кгс.

В технических характеристиках на карабины применённого типа указывается рабочая нагрузка равная 1,00 Кн (100 кгс).



Рис. 5 – Испытание элементов крепежа

На основании изучения элементов пневмоангаря после его демонтажа, а также по результатам проведённых испытаний отдельных элементов крепежа и анализа ветровой нагрузки, можно сделать следующее заключение:

1. За период эксплуатации ПКАС неоднократно обнаруживались дефекты (не герметичность пневмобаллонов каркаса, порывы палатки, сбои в работе нагнетательной установки и воздухонагревателей).
2. Анализ полученных экспериментальных данных указывает о недостаточной прочности крепёжных элементов.
3. С учетом наличия в партии элементов крепления бракованных карабинов с пониженной несущей способностью можно утверждать, что разрушение сооружения произошло из-за сочетания двух основных неблагоприятных факторов: наличие бракованных элементов крепления с разрушающей

нагрузкой ниже значений, указанных в нормативных документах для элементов данного типа, а также из-за недооценки ветровой нагрузки, вследствие проектирования по устаревшим нормативным документам.

**Список литературы:**

1. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: МНТКС, 2011. – 89 с.
2. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений / Госстрой России. – М. : Стройиздат, 2003. – 31 с.
3. №384-ФЗ «Российская федерация. Федеральный закон. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
4. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85».
5. СН 497-77. Временная инструкция по проектированию, монтажу и эксплуатации пневматических сооружений.