

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ КАРКАСА ЮРТЫ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CAD/CAE-СИСТЕМ

В статье описана усовершенствованная конструкция каркаса традиционной монгольской юрты путем замены деревянных деталей деталями из полимерного композиционного материала. Для моделирования сложных элементов конструкций использовали систему автоматизированного проектирования *SolidWorks* с дальнейшей передачей в *ANSYS Mechanical* для расчета на прочность. Разработан алгоритм передачи 3d модели, что позволяет избежать ошибок при построении 3d модели в *ANSYS Mechanical*. При расчете задавали постоянные и переменные нагрузки, соответствующие заданному региону с учетом слоистой структуры композиционного материала. Рассчитанные жесткостные характеристики многослойного композиционного материала задавали элементам каркаса юрты для последующего расчета на прочность.

Ключевые слова: каркас юрты, прочность, метод конечных элементов, полимерный композиционный материал, монослой, компьютерное моделирование.

V. E. Rogov, A. B. Baldanov

STRENGTH EVALUATION OF THE YURTA CARCASS MADE OF COMPOSITE MATERIAL USING CAD/CAE-SYSTEM

This article describes an improved framework of traditional Mongolian yurt design by replacing wood parts by composite material parts. In order to model complex construction elements, it is offered to use a computer-aided design system Solid Works and its further conversation into ANSYS Mechanical for strength evaluation. 3D model transition algorithm will allow to avoid errors at making 3D models in ANSYS. Some fixed and alternate loads were set depending on a region when calculating; and layered structure of composite material was also taken in account. Calculated stiffness properties of a multilayered composite material were given to carcass elements for further strength evaluation.

Keywords: *yurta carcass, strength, finite elements method, polymer composite, monolayer, computer-aided engineering.*

Для повышения эффективности и ускорения строительного производства особое место занимает стеклопластик, состоящий из полимерной термореактивной смолы и взаимно пересекающихся рядов непрерывных стекловолокон, что позволяет по своим прочностным и эксплуатационным характеристикам зачастую превосходить общепринятые строительные материалы. Однако, в виду достаточно высоких цен на изделия из композиционных материалов (КМ), необходимы достоверные прочностные

расчеты для конкретных конструкций. Особенно это касается конструктивных тонкостенных элементов, используемых в каркасных конструкциях. Использование тонкостенных КМ для изготовления конкретных конструкций не может быть осуществлено без проведения прочностных расчетов, учитывающих специфику КМ.

В настоящее время для проведения прочностных расчетов наиболее часто используется численное моделирование, основанное на методе конечных элементов (МКЭ) [1], который мы и использовали в работе. Расчеты проводили для элементов конструкций из КМ - решетки стены традиционной монгольской юрты.

На рис. 1 представлена усовершенствованная конструкция монгольской юрты, содержащей прозрачный купол 1 и крышу 2. Традиционно каркас крыши 2 состоит из радиально расположенных деревянных шестов 3, лежащих одним концом на центральной стойке 4, другим - на решетчатой стене 5, установленной по кругу и собранной из пересекающихся деревянных реек 6, скрепленных поясами 7. При использовании деревянных реек (сосна) их концы при постоянном контакте с землей подвергаются быстрому гниению, особенно это проявляется при контакте с влажной землей. Замена материала сосны на лиственницу снижает процессы гниения, однако значительно утяжеляет саму конструкцию. Использование элементов конструкций из КМ позволяет снизить вес, повысить долговечность реек решетки (не подвергаются гниению) и упрощает процесс сборки и ремонта. Наряду с использованием КМ в элементах конструкции юрты, так же изменена конструкция ее крыши – в виде «зонтичного типа» - шесты подвижно соединены с центральной стойкой, что позволяет раскрывать и закрывать их, как зонт (рис. 1) [3]. Расчеты проводились для конструкции каркаса юрты из КМ, который содержит 64 рейки, 16 шестов и 16 подпорок для шестов.

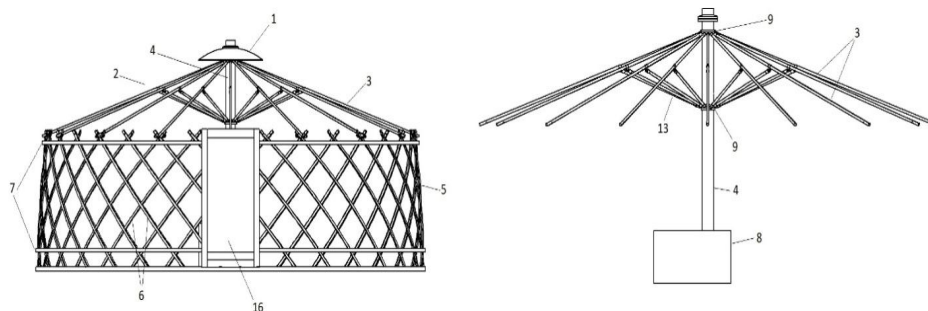


Рис. 1. Конструкция усовершенствованной юрты

Моделирование усовершенствованной юрты было проведено в системе автоматизированного проектирования SolidWorks и импортировано в систему ANSYS Mechanical. Данная программа снабжена средствами надежной подготовки импортируемой геометрической модели к нанесению сетки, в которой есть возможность менять геометрию с целью упрощения расчета [2]. При импортировании геометрии использован формат IGES, что дает

возможность управлять значениями допусков на слияние объектов модели, выявлять возможные ошибки.

Для расчета конструкции полученная модель передана в конечно-элементный программный комплекс ANSYS Mechanical [1], по схеме рис. 2.

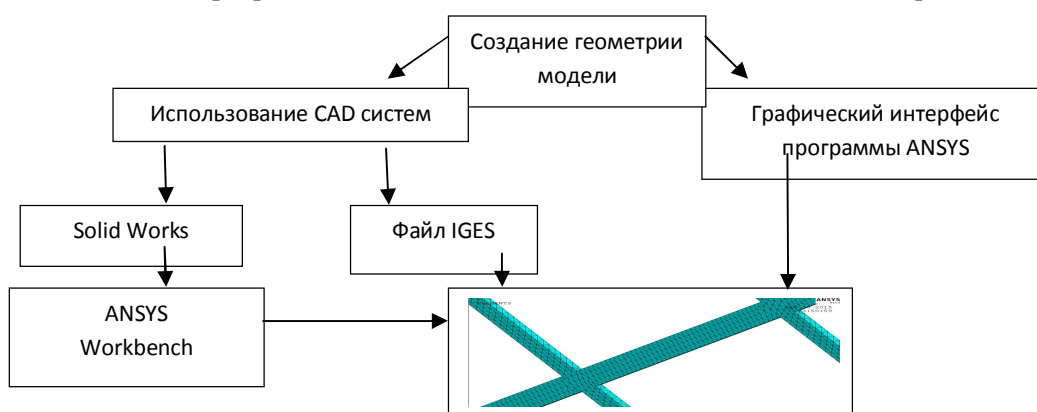


Рис. 2. Схема передачи построенной геометрической модели

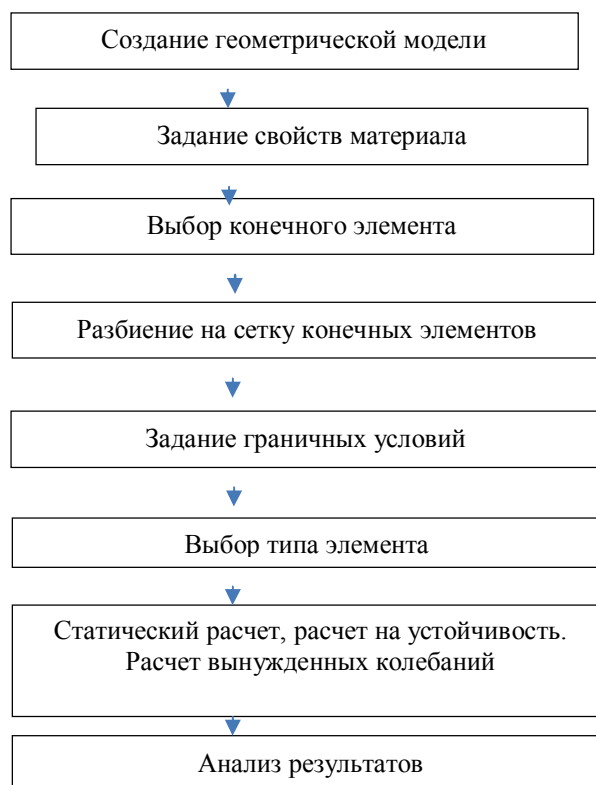


Рис. 3. Основные этапы расчета в ANSYS Mechanical

Таблица

Жесткостные характеристики многослойного КМ

E_x	E_y	G_{xy}	μ_{xy}	μ_{yx}
$3.924 \cdot 10^{10}$ Па	$3.248 \cdot 10^{10}$ Па	$7.118 \cdot 10^9$ Па	0.248	0.205

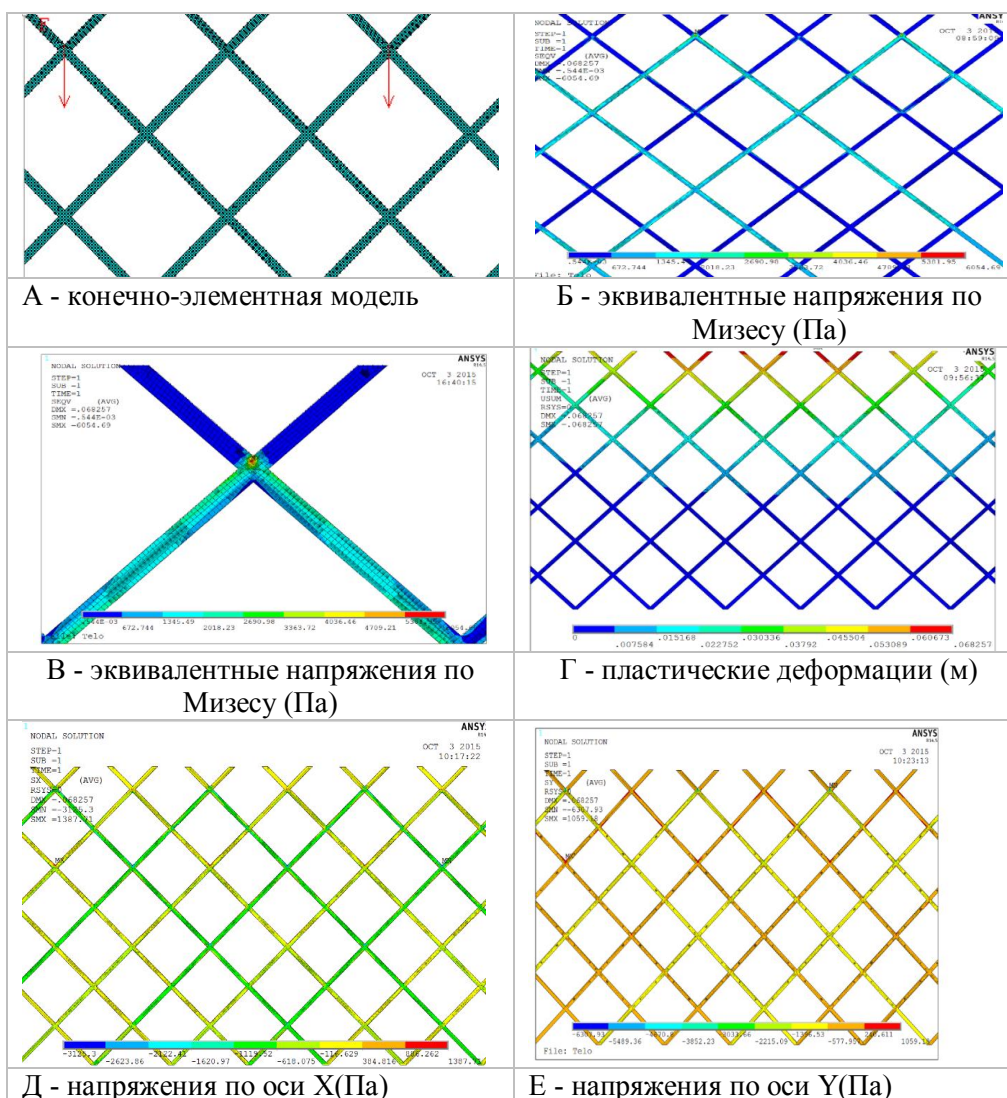


Рис. 4. Полученные результаты расчетов в ANSYS

Решетка стены юрты изготавливается из волокнистого КМ. В качестве наполнителя использована стеклоткань марки – Т-25 (ВМ) ТУ 6-11-380-76, пропитанная эпоксидным связующим марки 5-211Б. Жесткостные

характеристики материала представлены в табл. Для расчета выбран участок решетки стены юрты (рис. 3А), принимающий внешнюю сжимающую нагрузку. Решетка состоит из отдельных планок из КМ длиной 2,3 м прямоугольного поперечного сечения размером $b=4.8$ мм, $h=20$ мм, жестко соединенных друг с другом болтовыми соединениями.

Расчетные значения нагрузок, действующих на каркас юрты, определены согласно СНиП 2.01.07-85 [4]. Предполагается, что каркас юрты покрыт войлоком, уложенным в два слоя, с пароизоляционной пленкой. Юрта расположена в VII снеговом районе [4], и на место контакта элемента крыши и решетки стены действует сила, равная $F_{\text{sum}}=4000$ N. Находится в открытой местности, значение ветрового давления $w=0,043$ т/м². С учетом этих нагрузок произведены расчеты в программных комплексах ANSYS 11 (рис. 4) Основные этапы расчета в ANSYS Mechanical 11 приведены на рис. 3.

Подставив полученные значения жесткостных характеристик в ANSYS и соответствующие нагрузки, получили численные данные (рис. 4).

Анализ численного эксперимента показал, что наибольшее напряжение возникает в верхней части участка юрты (рис. 4В) на месте воздействия нагрузки от шеста крыши юрты, при этом деформация составила $x=0.06$ мм. Полученные расчетные данные можно использовать при предварительном анализе конструкции и оптимизации, исходя из допустимых напряжений слоев КМ.

Литература

1. Бохоева Л. А. Особенности расчета на прочность элементов конструкций из изотропных и композиционных материалов с допустимыми дефектами. - Улан-Удэ: ВСГУТУ, 2007. - 93 с.
2. Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах / под общ. ред. Д. Г. Красковского. – М.: Компьютер пресс, 2002. – 224 с.
3. Бохоева Л. А., Балданов А. Б. Компьютерное моделирование легкого переносного жилища из композиционных материалов с учетом климата Байкальского региона // В сб.: Проблемы механики современных машин: материалы VI Межд. конф. - ФГБОУ ВПО «ВСГУТУ». - Улан-Удэ, 2015. - С. 116-121.
4. Нагрузки и воздействия. СНиП 2.01.07-85* - М., 1996.
5. Балданов А. Б., Бохоева Л. А. Каркас юрты - сборно-разборного жилища // Патент на полезную модель № 123429, 28.07.2011.
6. Бохоева Л. А., Балданов А. Б. Компьютерное моделирование каркаса юрты с применением композиционных материалов // Вестник ВСГУТУ. - 2013. - № 4 (43). - С. 35-38.
7. Бохоева Л. А. Исследование устойчивости пластин с дефектами в нелинейной постановке // Изв. ВУЗ. Машиностроение. - 2008. - № 2. - С. 22-27.
8. Бохоева Л. А., Балданов А. Б., Рогов В. Е. Прочность кольцевых образцов из слоистых композиционных материалов с межслойными дефектами // Фундаментальные проблемы современного материаловедения.- 2013. - Т. 10, № 1. - С. 87-92.

Рогов В.Е., доктор технических наук, профессор, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, старший научный сотрудник, Байкальский институт природопользования СО РАН, 670000, Россия, Улан-Удэ, ул. 1-я Университетская д.20, E-mail: rogov54v@mail.ru

Балданов А.Б., аспирант, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 670013, Россия, Улан-Удэ, Ключевская, 40в, E-mail: baldanovaldar@rambler.ru

Rogov V.E., Doctor Sciences of Engineering, professor, East Siberia State University of Technology and Management, Baikal Institute of Nature Management, Siberian Branch Russian Institute of Sciences, Ulan-Ude, Russia, E-mail: rogov54v@mail.ru.

Baldanov A.B., post-graduate, East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia, E-mail: baldanovaldar@rambler.ru