

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2021-24-83-85>

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОПЛИВНЫХ ЁМКостей СЛОЖНОЙ ФОРМЫ ИЗ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА

*Ахметьянов И.Р., Гусев Д.А., Ибрагимов Р.Р.*

**Ключевые слова:** автотракторная техника, компримированный природный газ, газобаллонное оборудование, баллоны сложной формы, компьютерное моделирование.

**Аннотация.** В данной статье описаны проблемы размещения систем хранения газообразного топлива на борту автотракторной техники, предложено использование вместо баллонов традиционной цилиндрической формы, баллонов сложной формы, построены трёхмерные твердотельные модели баллонов, произведено моделирование действующих нагрузок в программном комплексе КОМПАС АРМ-FEM, рассмотрена возможность практической реализации баллонов сложных форм.

## DESIGN OF FUEL TANKS OF COMPLEX SHAPE MADE OF COMPOSITE MATERIAL

*Akhmetyanov I.R., Gusev D.A., Ibragimov I.R.*

**Keywords:** automotive and tractor equipment, compressed natural gas, gas cylinder equipment, cylinders of complex shape, computer modeling.

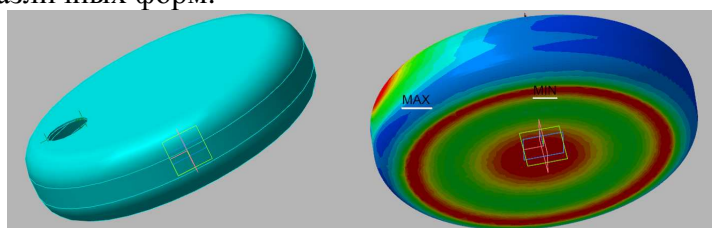
**Abstract.** This article describes the problems of placing gas fuel storage systems on board of automotive equipment, suggests the use of cylinders of complex shapes instead of traditional cylindrical cylinders, builds three-dimensional solid-state models of cylinders, simulates the operating loads in the COMPASS APM-FEM software package, and considers the possibility of practical implementation of cylinders of complex shapes.

В современном мире большое внимание уделяется альтернативным моторным топливам. Для агропромышленного комплекса Российской Федерации наибольшую актуальность имеет применение компримированного природного газа (КПГ). Главной проблемой распространения КПГ являются большая масса и габариты баллонов, работающих под давлением до 22 МПа. Такое размещение баллонов сокращает размеры полезного пространства и снижает потребительские качества автотракторной техники. Известные попытки решения этой проблемы путём применения модульных баллонов сложной формы, например, наборных цилиндрических (производство фирмы PPI, USA) и дисковидных (рисунок 2) [1], не получили широкого распространения. В России научными коллективами так же ведутся работы в данном направлении. Все существующие варианты исполнения топливных ёмкостей имеют общий недостаток – высокую сложность изготовления и большой вес.

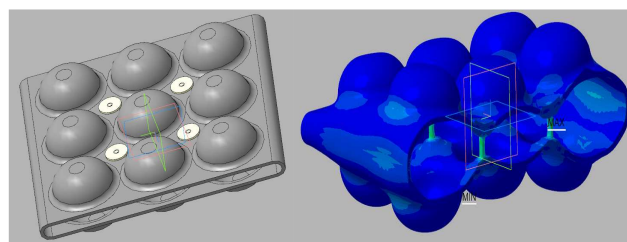
Авторами предложен вариант решения данной проблемы путём разработки и применения баллонов сложной формы, соответствующей форме пространства, отведённого для ёмкости с топливом.

Наилучшей равномерностью распределения нагрузок обладают баллоны сферической и цилиндрической форм [2], однако они, как и цилиндрические, занимают много места. Наиболее выгодным с точки зрения компоновки

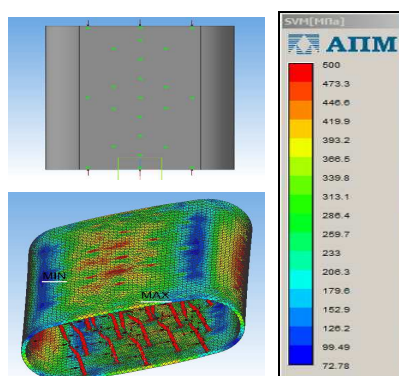
является баллон прямоугольной формы с распределёнными связями [3], Путём компьютерного моделирования нагрузок в прикладной библиотеке КОМПАС V17 АРМ FEM [3] было установлено, что наиболее нагруженными элементами конструкции являются распределённые связи. На рисунке 1 представлены результаты моделирования – карта распределения напряжений в баллонах различных форм.



а



б



в

а – распределение напряжений в баллонах дисковидной, сферической и тороидальной форм;  
 б – распределение напряжений в баллоне оптимизированной формы; в – распределение напряжений в гладком баллоне с распределёнными связями

Рис. 1. Карта распределения напряжений в баллонах различных форм

Напряжения, возникающие в них при эксплуатационном давлении 20МПа составляет 480 МПа. Кроме того, в точках крепления элемента связи к наружной поверхности баллона напряжение, сосредоточенное на участке малой площади составляет около 500 МПа. Исходя из этого, при помощи компьютерного моделирования была оптимизирована форма баллона [2] с распределёнными связями, что существенно снизило напряжения в наиболее нагруженных участках. После оптимизации был произведён сравнительный расчёт нагрузок для различных вариантов баллонов.

Таким образом, компьютерное моделирование баллонов методом конечных элементов показало значительное увеличение напряжений, возникающих в элементах баллонов сложной формы и неравномерности их распределения, по сравнению с баллонами классических форм. Выявлены наиболее нагруженные элементы и поверхности баллона. Однако оптимизация формы баллона по результатам моделирования деформаций позволяет понизить напряжения с 500 МПа до 380 МПа и улучшить равномерность

распределения напряжений по поверхности баллона, что положительно сказывается на прочности и долговечности предлагаемых баллонов.

### Список литературы

1. Гусев Д.А., Урманов В.Г., Ганеев Р.В. Применение компьютерных технологий в изучении начертательной геометрии // Совершенствование основных профессиональных образовательных программ в вузе: проблемы и возможные пути их решения. Материалы Всероссийской научно-методической конференции. Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2018. С. 247-251.
2. Tarkhova L., Tarkhov S., Nafikov M., Akhmetyanov I., Gusev D., Akhmarov R. Infographics and their application in the educational process // International Journal of Emerging Technologies in Learning. 2020. Vol. 15. №13. P. 63-80.
3. Неговора, А.В. Ахметьянов И.Р., Гусев Д.А. Проектирование газовых баллонов сложной формы, работающих под давлением // Сборник статей семинара «Чтения академика В.Н. Болтинского». М.: ООО «Магаполис», 2020. С. 152-159.

### References

1. Gusev D.A., Urmanov V.G., Ganeev R.V. The use of computer technology in the study of descriptive geometry // Improvement of basic professional educational programs at the university: problems and possible solutions. Materials of the All-Russian Scientific and Methodological Conference. Ufa: Bashkir State Agrarian University, 2018. P. 247-251.
2. Tarkhova L., Tarkhov S., Nafikov M., Akhmetyanov I., Gusev D., Akhmarov R. Infographics and their application in the educational process // International Journal of Emerging Technologies in Learning. 2020. Vol. 15. №13. P. 63-80.
3. Negovora, A.V. Akhmetyanov I.R., Gusev D.A. Design of gas cylinders of complex shape, working under pressure // Collection Seminar «Readings by Academician V.N. Boltinsky». M.: Megapolis, 2020. P. 152-159.

<b>Ахметьянов Ильшат Расимович</b> – доцент кафедры механики и конструирования машин	<b>Akhmetyanov Ilshat Rasimovich</b> – associate professor of the department of mechanics and machine design
<b>Гусев Дмитрий Александрович</b> – доцент кафедры механики и конструирования машин	<b>Gusev Dmitry Aleksandrovich</b> – associate professor of the department of mechanics and machine design
<b>Ибрагимов Радик Ринатович</b> – доцент кафедры механики и конструирования машин, d-a-gusev@yandex.ru	<b>Ibragimov Radik Rinatovich</b> – associate professor of the department of mechanics and machine design, d-a-gusev@yandex.ru
Башкирский государственный аграрный университет, г.Уфа, Российская Федерация	Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

*Received 14.04.2021*