

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ  
И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КУПОЛООБРАЗНЫХ  
ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ  
С ОДНОСТУПЕНЧАТЫМ СРАБАТЫВАНИЕМ СИСТЕМЫ  
ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ**

**А.В. Гонсалес Астуа**

**К.А. Карнаухов**

**Т.С. Малищук**

**Ю.В. Попов**

andresastua@yandex.ru

karnaukhov93@bmstu.ru

malishchuk@bmstu.ru

popovuv@bmstu.ru

**МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация**

---

**Аннотация**

В пассивной системе безопасности автомобиля пиротехнический газогенератор подушки безопасности является ключевым звеном. Интерес отечественных производителей автомобилей вызывают одноступенчатые пиротехнические газогенераторы водительской и пассажирской подушек безопасности бюджетных автомобилей на внутреннем рынке. Для разработки и производства газогенераторов подушек безопасности необходимо объединить усилия специалистов химической отрасли и сферы общего машиностроения. Производство пиротехнических газогенераторов подушек безопасности подвергается строгому государственному и международному регулированию. Поэтому важным и необходимым является всесторонний системный анализ конструкций пиротехнических газогенераторов, производимых за рубежом и используемых в современных автомобилях, в целях формирования научно-технической базы для разработки отечественных коммерческих газогенераторов и локализации полного цикла серийного производства таких изделий на территории России. Приведена общая классификация газогенераторов подушек безопасности, рассмотрены ключевые особенности конструкции изделий и технологий производства основных деталей куполообразного твердотопливного газогенератора с одноступенчатым срабатыванием подушки безопасности, проанализированы технологические схемы сборочных процессов

**Ключевые слова**

*Газогенератор, подушка безопасности, автомобильная промышленность, сборочный процесс, технология производства*

и основные сборочные операции на примере газогенераторов разных поколений. Результаты исследования представляют интерес для специалистов автомобильной промышленности

Поступила 21.09.2022

Принята 14.10.2022

© Автор(ы), 2023

**Введение.** Газогенераторы подушек безопасности автомобиля являются сложными неразборными пиротехническими устройствами. В соответствии с классификацией ООН они относятся к 9-му классу опасности (UN 3268). К таким устройствам предъявляются строгие требования не только по прочности деталей при функционировании, безопасному хранению и транспортировке, но и по технологичности при изготовлении деталей и узлов изделия, а также по выполнению требований техники безопасности при работах с пиротехническими материалами [1–5].

Конструкции газогенераторов подушек безопасности различают по четырем основным параметрам:

1) виду — водительские, пассажирские, коленные, боковые, головные и др.;

2) форме — куполообразные и трубчатые;

3) характеру работы — с одно- и двухступенчатым срабатыванием;

4) способу газообразования — твердотопливные и гибридные.

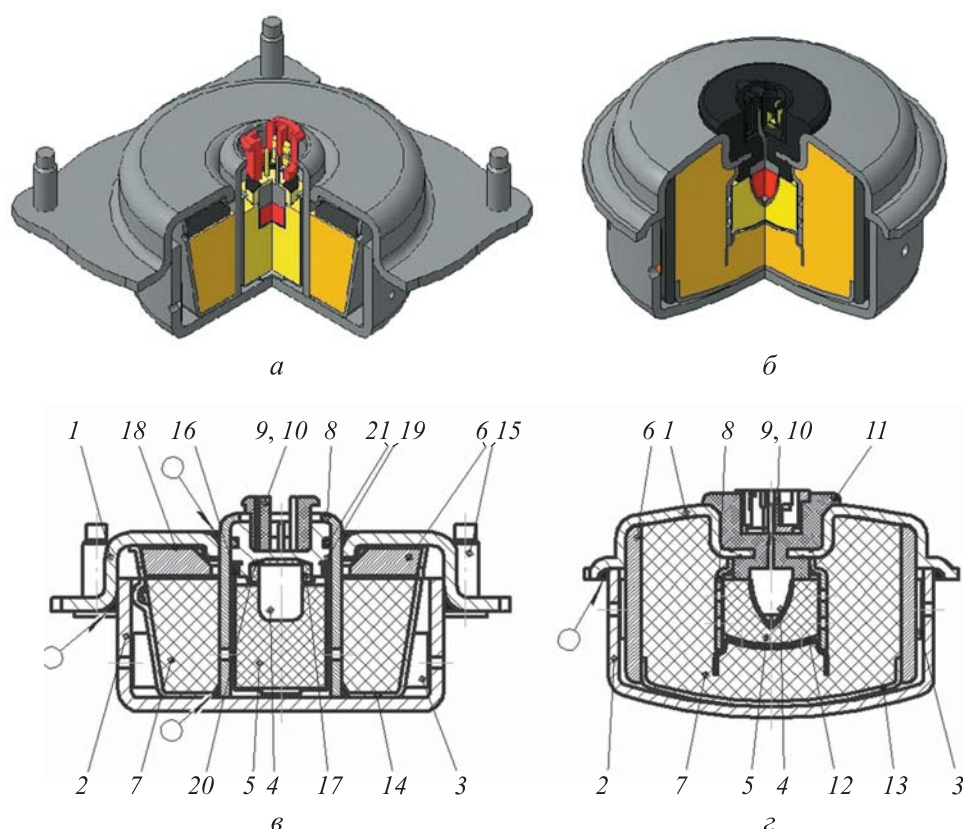
Для сокращения собственных издержек зарубежные производители газогенераторов предлагают производителям бюджетного сегмента автомобилей конструкции газогенераторов подушек безопасности одинаковых формы, характера функционирования и способа газообразования. Так, газогенераторы водительских и пассажирских подушек безопасности могут быть одноступенчатыми и одной и той же куполообразной формы, но с разным количеством и рецептурой пиротехнического состава.

Отсутствие готовых отечественных решений по конструкции и технологии производства в данной области разработки и создания систем внутренней пассивной безопасности объясняется дефицитом совокупного научно-технического потенциала химической отрасли и сферы машиностроения.

*Цель настоящей работы* — детальный анализ ключевых особенностей конструкции и технологии производства деталей и узлов, сборочных процессов куполообразных твердотопливных газогенераторов с одноступенчатым срабатыванием подушек безопасности разных поколений на примере конструкций, используемых производителями таких автомобилей, как Lada Granta и Volkswagen Polo.

**Особенности конструкции и технологии производства.** Типовые конструкции зарубежных куполообразных твердотопливных газогенераторов

с одноступенчатым срабатыванием, структурно-функциональные особенности которых изучены в результате натурных испытаний и последующей детальной декомпозиции указанных изделий, состоят из следующих деталей (рис. 1): крышки 1, стакана 2, лайнера 3, капсуля-воспламенителя (КВ) 4, пиротехнических таблетированных зарядов 5 и 7, фильтрующего элемента (ФЭ) из пористого проволочного материала (ППМ) 6, пластиковой втулки 9 с шунтом 10, втулок 8, 11 и 19, чашки 12, колпака 13, обечаек 14 и 16, шпилек 15, пластикового изолятора 17, фланца 18 и резиновых прокладок 20 и 21. Различие в конструкциях рассматриваемых куполообразных газогенераторов (см. рис. 1) заключается в применении ФЭ из ППМ (дисковых и цилиндрических) разных конфигураций, что позволяет условно разделить рассматриваемые куполообразные твердотопливные газогенераторы с одноступенчатым срабатыванием на старое и новое поколения.

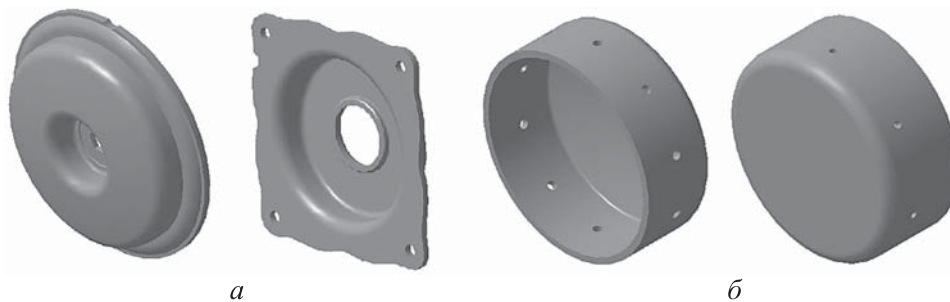


**Рис. 1.** Типовые неразборные конструкции (а, б) и конструктивные схемы (в, г) куполообразных твердотопливных газогенераторов с одноступенчатым срабатыванием подушек безопасности старого (а, в) и нового (б, г) поколений для автомобилей Lada Granta и Volkswagen Polo

Газогенераторы с одноступенчатым срабатыванием в конструкции имеют единственный КВ, установленный на оси симметрии изделия, который обязательно изолирован от металлических деталей газогенератора с помощью пластиковых втулок, кроме того, в обязательном порядке конструктивно обеспечивается неизвлекаемость КВ.

Корпуса куполообразных твердотопливных газогенераторов с одноступенчатым срабатыванием подушек безопасности представляют собой симметричные неразборные конструкции, которые состоят из крышки 1 и стакана 2 (см. рис. 1), с отношением высоты к внешнему диаметру  $h/d = 0,45-0,55$ . В стакане 2 предусмотрены сквозные отверстия диаметром  $d_0 = 2...2,5$  мм для выхода продуктов горения таблетированного пиротехнического заряда и последующего их поступления в полость подушки безопасности.

Корпусные детали куполообразных твердотопливных газогенераторов с одноступенчатым срабатыванием подушек безопасности (см. рис. 1) изготавливают из конструкционной низколегированной стали для сварных конструкций типа 12Г2А [3]. Сталь 12Г2А и ее аналоги хорошо свариваются без предварительного подогрева и последующей термической обработки [6, 7]. Основными технологическими операциями получения корпусных деталей (рис. 2) в крупносерийном и массовом производствах являются вырубка, вытяжка, калибровка, слесарная и термическая обработки (для обеспечения требуемых физико-механических характеристик) и нанесение покрытия.



**Рис. 2.** Цилиндрические корпусные детали с фланцем (а) и без фланца (б) куполообразных твердотопливных газогенераторов с одноступенчатым срабатыванием

Вытяжка при изготовлении корпусных деталей является основной формообразующей технологической операцией. Вытяжкой получают, например, корпуса реактивных двигателей, обтекатели, гильзы, коробчатые детали, стаканы и пр. На определение числа и последовательность перехо-

дов на вытяжной операции влияют форма и размеры деталей. Так, фланец у цилиндрических деталей (см. рис. 2) образуется под прижимом штампа, затем калибруется на обрезном штампе под заданный размер, в то время как цилиндрические детали без фланца изготавливаются без применения дополнительного прижима [8–13].

Относительное удлинение листовой заготовки из стали 12Г2А после разрыва составляет  $\delta_b \geq 0,2$  [6–11]. Коэффициент вытяжки  $k$  следует подбирать так, чтобы напряжение не превышало максимальное значение напряжения  $\sigma_{\max}$  в опасном сечении. Предельная степень деформации при вытяжке и коэффициент вытяжки определяются по формулам:

$$\sigma_{\max} < \sigma_b (1 + \delta_b); \quad (1)$$

$$D/d < k, \quad (2)$$

где  $\sigma_b$  — предел прочности материала при растяжении;  $D$  и  $d$  — диаметры листовой заготовки и полого цилиндра.

Формулы (1) и (2), размеры корпусных деталей зарубежных куполообразных твердотопливных газогенераторов с одноступенчатым срабатыванием водительских подушек безопасности и их предполагаемых заготовок ( $d = 60$  мм,  $D = 72...80$  мм, толщина  $s = 2,5$  мм) свидетельствуют о том, что окончательная цилиндрическая форма детали может быть получена за счет минимального числа формообразующих переходов ( $N = 1-3$ ) на вытяжной операции листовой заготовки, причем по Л.А. Шофману получение цилиндрических деталей без фланца (рис. 2, б) возможно без использования прижима [8–13].

Такие детали, как втулки, чашки, колпаки, обечайки и фланцы, выполнены из пластичных сталей в ходе технологических операций, в том числе вытяжки.

В комплекте оригинальных деталей куполообразных твердотопливных газогенераторов с одноступенчатым срабатыванием особое место занимает ФЭ из ППМ (рис. 3). Пористый проволоочный материал представляет собой определенно ориентированную проволоочную структуру, которая в результате холодного прессования образует проницаемую во всех направлениях открытую пористую систему, обеспечивающую требуемые механические, и физические характеристики, а также газодинамические параметры потока газа накачки подушки безопасности. Важнейшими свойствами ППМ как проницаемой структуры являются эрозионная стойкость, прочность, эластичность и регенерируемость. Материал ФЭ — коррозионно-стойкая жаропрочная сталь типа 12Х17, тонкость фильтрации составляет 100...200 мкм [14, 15].





**Рис. 3.** Фильтрующий элемент дискового (а) и цилиндрического (б) типов из ППМ

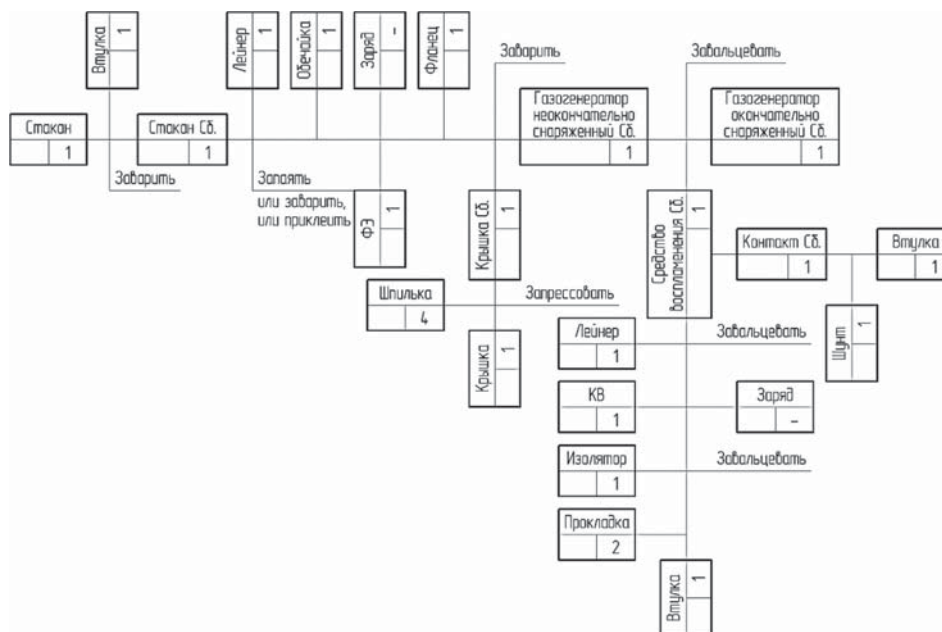
Дисковый или цилиндрический ФЭ из ППМ (см. рис. 3) расположен непосредственно перед лейнером на пути распространения продуктов горения и не позволяет непрореагировавшим частицам таблетированного пиротехнического состава покидать внутреннюю полость газогенератора, а также снижает температуру продуктов горения пиротехнического заряда. Отметим необходимость дополнительных выступов на внешней поверхности цилиндрического ФЭ из ППМ для центрирования в стакане газогенератора нового поколения. В конструкции газогенератора старого поколения за центрирование отвечает деталь с локальными выступами на внешней конической поверхности (обечайка).

Отверстия в корпусных деталях газогенератора закрываются металлическим тонким лейнером из листового алюминиевого деформируемого сплава АД33 толщиной  $s = 0,2 \dots 0,3$  мм для обеспечения герметичности внутренней полости изделия. Для деталей из подобного сплава характерна высокая коррозионная стойкость в интервале от  $-70$  до  $50$  °С во влажной атмосфере и морской воде.

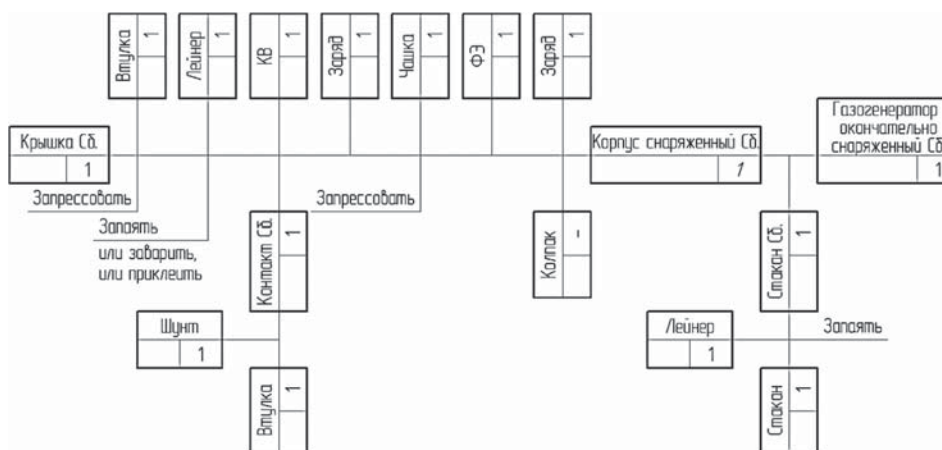
Контактное гнездо представляет собой пластиковую втулку, конструктивно обеспечивающую единственное положение установки ответной части, с замыкающим элементом (шунтом), предотвращающим прохождение электрического тока по основной цепи электровоспламенителя. Пластиковая втулка на производстве получается литьем. В качестве заготовки шунта выбирается листовая токопроводящий пружинный материал, который подвергается вырубной и гибочной операциям.

Основными типами соединений деталей при сборке газогенераторов являются неподвижные неразъемные соединения. Такие соединения выполняются за счет операций запрессовки, сварки, пайки, склеивания или завальцовки. Предполагаемые технологические схемы сборок газогенераторов для автомобилей Lada Granta и Volkswagen Polo с учетом конструктивно-сборочных признаков, выявленных при анализе указанных соеди-

нений с помощью изготовления их локальных шлифов и последующего изучения поверхностей этих шлифов на инструментальном микроскопе, приведены на рис. 4.



а



б

**Рис. 4.** Технологические схемы сборки куполообразных твердотопливных газогенераторов с одноступенчатым срабатыванием старого (а) и нового (б) поколений

Перед установкой КВ в обязательном порядке проводится его проверка на целостность электрической цепи. Такая же проверка выполняется и после окончательной сборки газогенератора подушки безопасности.

В результате анализа технологических схем сборок газогенераторов старого и нового поколений (см. рис. 3) выявлено, что при изготовлении газогенератора для автомобилей Volkswagen Polo число сборочных операций уменьшилось вследствие следующих факторов:

- сокращения числа используемых оригинальных деталей за счет применения ФЭ из ППМ цилиндрической формы, одновременно выполняющего как роль оболочки для установки таблетированного пиротехнического заряда при снаряжении конструкции, так и сита для непрореагировавших частиц при срабатывании газогенератора в результате аварийного столкновения автомобиля;

- применения оригинальной технологии литья негигроскопичной пластмассы с закладными элементами, что обеспечивает герметичность соединения без использования дополнительных деталей в виде прокладок и отсутствие операции завальцовки при сборке изделия;

- отказа от стандартных крепежных элементов благодаря применению сопрягаемой поверхности типа вал-втулка в сборочной единице верхнего уровня для соединения с крышкой модуля подушки безопасности автомобиля;

- перехода от сварных соединений к соединениям с натягом. Так, в газогенераторе нового поколения сварка используется только на завершающей стадии сопряжения корпусных деталей, тогда как в газогенераторе старого поколения присутствует три сварных соединения: соединение крышки 1 и втулки 8, стакана 2 и втулки 8, крышки 1 и стакана 2 (рис. 1, в).

Сварные соединения в конструкциях газогенераторов в серийном и массовом производствах реализуются за счет применения технологии лазерной сварки или сварки трением. Отметим, что сваркой трением высококачественные соединения изготавливаются за считанные секунды и значительно сокращается цикл производства по сравнению с лазерной сваркой. Теплота от сварки трением из зоны сварного шва рассеивается медленно, что позволяет проводить такую сварку при наличии внутри свариваемых узлов и деталей пиротехнических газогенерирующих составов.

По завершении всех сборочных операций газогенераторы обязательно испытываются на герметичность.

**Заключение.** В результате детального анализа конструкций зарубежных куполообразных твердотопливных газогенераторов с одноступенчатым срабатыванием после их охлаждения, детальной декомпозиции и 3D-моделирования установлено следующее:



– большинство деталей газогенератора выполнено из свариваемых, пластичных сталей с помощью вытяжных операций, что характерно для серийного и массового производств;

– основными типами соединений деталей при сборке газогенераторов являются неподвижные неразъемные соединения, выполненные преимущественно лазерной сваркой или сваркой трением и обеспечивающие неразборность конструкции и неизвлекаемость внутренних компонентов;

– динамика развития конструкций и используемых передовых машиностроительных технологий в зарубежных куполообразных твердотопливных газогенераторах с одноступенчатым срабатыванием указывает на стремление уменьшить число сборочных операций за счет применения современных технических решений.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Балабин И.В., Богданов В.В. Подушка как элемент обеспечения безопасности и ее эволюционные этапы инкорпорирования в конструкцию автомобиля. *Автомобильная промышленность*, 2019, № 2, с. 21–25.

[2] Балабин И.В., Богданов В.В. Конструкция подушек безопасности и основные принципы механизма ее срабатывания. *Автомобильная промышленность*, 2019, № 4, с. 15–18.

[3] Гонсалес Астуа А.В., Гончаров Р.Б., Малищук Т.С. Экспериментальный анализ элементного состава материалов для изготовления газогенераторов модулей подушек безопасности автомобиля. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2022, № 2 (141), с. 75–88.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18698/0236-3941-2022-2-75-88>

[4] Котиев Г.О., Петюков А.В., Гонсалес Астуа А.В. Экспериментально-теоретический метод исследования особенностей функционирования модулей подушек безопасности автомобиля. *Труды НАМИ*, 2021, № 2, с. 15–24.

DOI: <https://doi.org/10.51187/0135-3152-2021-2-15-24>

[5] Гонсалес Астуа А.В., Гончаров Р.Б., Петюков А.В. Метод расчета на прочность корпуса газогенератора автомобильной подушки безопасности. *Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)*, 2022, № 1 (68), с. 3–11.

[6] Шишков М.М. Марочник сталей и сплавов. Донецк, Юго-Восток, 2002.

[7] Уваров В.В., Носова Е.А. Структура и свойства листовых сталей для холодной штамповки. Самара, СГАУ, 2003.

[8] Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Л., Машиностроение, 1971.

[9] Кухтаров В.И. Холодная штамповка. М., МАШГИЗ, 1962.

- [10] Бурдуковский В.Г. Технология листовой штамповки. Екатеринбург, Изд-во УрФУ, 2019.
- [11] Tarasov V.A., Baskakov V.D., Baburin M.A., et al. Engineering estimation of the error of bending of angle blanks in a tool die. *Russ. Metall.*, 2019, vol. 2019, no. 13, pp. 1460–1465. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0036029519130378>
- [12] Баскаков В.Д., Зарубина О.В., Карнаухова К.А. и др. Анализ точностных возможностей технологий профилирования по толщине менисковых кумулятивных облицовок. *Известия РАН*, 2021, № 1, с. 128–132.
- [13] Бабуринов М.А., Баскаков В.Д., Тарасов В.А. и др. Оценка предельной степени вытяжки цилиндрических деталей из переменных по толщине дисковых заготовок. *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением*, 2015, № 1, с. 3–6.
- [14] Пятов И.С., Ивановский В.Н., Бевз А.П. и др. Особенности применения проволочного проницаемого материала в фильтроэлементах и в конструкции газовых горелок. *Территория Нефтегаз*, 2021, № 7-8, с. 78–89.
- [15] Кирпичев Ю.В. О способности структур из проволочных проницаемых материалов (ППМ) к регенерации. Фильтры с фильтроэлементами из ППМ. *Механизированная добыча 2015. Докл. XII Междунар. практ. конф. и выставка*. М., с. 1–21.

**Гонсалес Астуа Андрес Виктор** — студент кафедры «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

**Карнаухова Кирилл Андреевич** — канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

**Малищук Тарас Сергеевич** — аспирант кафедры «Высокоточные летательные аппараты» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

**Попов Юлиан Витальевич** — аспирант кафедры «Высокоточные летательные аппараты» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

**Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:**

Гонсалес Астуа А.В., Карнаухова К.А., Малищук Т.С. и др. Особенности конструкции и технологии производства куполообразных твердотопливных газогенераторов с одноступенчатым срабатыванием системы пассивной безопасности автомобиля. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2023, № 1 (144), с. 67–79. DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3941-2023-1-67-79>

**DESIGN AND PRODUCTION TECHNOLOGY FEATURES  
OF THE DOMED SOLID FUEL GAS GENERATORS  
WITH SINGLE-STAGE RESPONSE  
OF THE VEHICLE PASSIVE SAFETY SYSTEM**

**A.V. Gonsales Astua**

andresastua@yandex.ru

**K.A. Karnaukhov**

karnaukhov93@bmstu.ru

**T.S. Malishchuk**

malishchuk@bmstu.ru

**Yu.V. Popov**

popovuv@bmstu.ru

**Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation**

---

**Abstract**

Airbag pyrotechnic gas generators occupy a key position in the vehicle passive safety system with all the importance of the other components. Despite the abundance of various types of the airbags, single-stage pyrotechnic gas generators for the driver and passenger airbags are most interesting to the domestic vehicles manufacturers due to the budget cars leading positions in the domestic market. For proprietary design, development and production of the airbag gas generators, it is necessary to combine efforts of specialists in the chemical industry and in general engineering. At the same time, it should not be forgotten that production of the pyrotechnic airbag gas generators is subject to strict national and international regulation. Therefore, comprehensive system analysis of the pyrotechnic gas generators design by foreign manufactures used in the modern vehicles becomes important and necessary to form scientific and technical base for design and development of the proprietary commercial gas generators and localizing the full cycle of mass production of such devices in the territory of the Russian Federation. General classification of the airbag gas generators is provided, key features of the product design and production technologies for the main components of the dome-shaped solid fuel gas generator with a single-stage airbag response are considered, and technological schemes of the assembly processes and basic assembly operations are analyzed using the example of gas generators of different generations. Results of the study are of interest to the automotive industry specialists

**Keywords**

*Gas generator, airbag, automotive industry, assembly process, production technology*

Received 21.09.2022

Accepted 14.10.2022

© Author(s), 2023

## REFERENCES

- [1] Balabin I.V., Bogdanov V.V. Airbag as the element of constructive safety and its main evolutionary stages of incorporation in the vehicle's design. *Avtomobilnaya promyshlennost*, 2019, no. 2, pp. 21–25 (in Russ.).
- [2] Balabin I.V., Bogdanov V.V. Design of airbags and basic principles response its mechanism. *Avtomobilnaya promyshlennost*, 2019, no. 4, pp. 15–18 (in Russ.).
- [3] Gonsales Astua A.V., Goncharov R.B., Malishchuk T.S. Experimental analysis of elemental composition of materials used to manufacture gas generators for vehicle airbag modules. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Mechanical Engineering*, 2022, no. 2 (141), pp. 75–88 (in Russ.).  
DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3941-2022-2-75-88>
- [4] Kotiev G.O., Petyukov A.V., Gonsales Astua A.V. Experimental-theoretical method for studying the vehicle airbag modules functioning. *Trudy NAMI*, 2021, no. 2, pp. 15–24 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51187/0135-3152-2021-2-15-24>
- [5] Gonsales Astua A.V., Goncharov R.B., Petyukov A.V. The method of strength calculation of the automobile airbag gas generator body. *Vestnik Moskovskogo avtomobilnodorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*, 2022, no. 1 (68), pp. 3–11 (in Russ.).
- [6] Shishkov M.M. *Marochnik staley i splavov [Steel grade guide]*. Donetsk, Yugo-Vostok Publ., 2002.
- [7] Uvarov V.V., Nosova E.A. *Struktura i svoystva listovykh staley dlya kholodnoy shtampovki [Structure and properties of sheet steels for cold forming]*. Samara, SSAU Publ., 2003.
- [8] Romanovskiy V.P. *Spravochnik po kholodnoy shtampovke [Cold stamping handbook]*. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1971.
- [9] Kukhtarov V.I. *Kholodnaya shtampovka [Cold stamping]*. Moscow, MASHGIZ Publ., 1962.
- [10] Burdukovskiy V.G. *Tekhnologiya listovoy shtampovki [Cold stamping technology]*. Ekaterinburg, UrFU Publ., 2019.
- [11] Tarasov V.A., Baskakov V.D., Baburin M.A., et al. Engineering estimation of the error of bending of angle blanks in a tool die. *Russ. Metall.*, 2019, vol. 2019, no. 13, pp. 1460–1465. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0036029519130378>
- [12] Baskakov V.D., Zarubina O.V., Karnaukhov K.A., et al. Analysis of production accuracy capabilities meniscus liners. *Izvestiya RARAN*, 2021, no. 1, pp. 128–132 (in Russ.).
- [13] Baburin M.A., Baskakov V.D., Tarasov V.A., et al. The evaluation of the maximum degree hood of cylindrical parts from the disk blanks with variable thickness. *Kuznechno-shtampovoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem [Forging and Stamping Production. Material Working by Pressure]*, 2015, no. 1, pp. 3–6 (in Russ.).
- [14] Pyatov I.S., Ivanovskiy V.N., Bezv A.P., et al. Features of wire-permeable material in filter elements and gas burner construction. *Territoriya Neftegaz [Oil and Gas Territory]*, 2021, no. 7-8, pp. 78–89 (in Russ.).

[15] Kirpichev Yu.V. [On the ability of wire permeable material (WPM) structures to regenerate. Filters with filter elements made of WPM]. *Mekhanizirovannaya dobycha 2015. Dokl. XII Mezhdunar. prakt. konf. i vystavka* [Mechanized Mining 2015. Proc. XII Int. Pract. Conf. and Exhibition]. Moscow, pp. 1–21 (in Russ.).

**Gonsales Astua A.V.** — Student, Department of Wheeled Machines, Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya ul. 5, str. 1, Moscow, 105005 Russian Federation).

**Karnaukhov K.A.** — Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Aerospace Engineering Technologies, Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya ul. 5, str. 1, Moscow, 105005 Russian Federation).

**Malishchuk T.S.** — Post-Graduate Student, Department of High-Precision Airborne Devices, Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya ul. 5, str. 1, Moscow, 105005 Russian Federation).

**Popov Yu.V.** — Post-Graduate Student, Department of High-Precision Airborne Devices, Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya ul. 5, str. 1, Moscow, 105005 Russian Federation).

**Please cite this article in English as:**

Gonsales Astua A.V., Karnaukhov K.A., Malishchuk T.S., et al. Design and production technology features of the domed solid fuel gas generators with single-stage response of the vehicle passive safety system. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Mechanical Engineering*, 2023, no. 1 (144), pp. 67–79 (in Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3941-2023-1-67-79>