

**УТВЕРЖДАЮ**

Генеральный конструктор

АО «ОКБ «Аэрокосмические системы»

 \_\_\_\_\_ Шевелев Д.В.

«31» \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2024 г.

**КОНКУРСНАЯ РАБОТА**

в номинации «За успехи в развитии диверсификации производства»  
в конкурсе «Авиастроитель года» по итогам 2023 года  
на тему «Освоение полного цикла разработки и серийного изготовления  
сертифицированных резиновых уплотнений для самолетов RRJ 95NEW и  
самолетов типа MC-21»

## Содержание

Введение .....	3
1. Описание и назначение резиновых уплотнений.....	6
2. Проведение сравнительных испытаний с импортными аналогами.....	13
3. Проведение испытаний на определение стойкости к воздействию пламени .....	15
4. Организация серийного производства резиновых уплотнений .....	18
5. Заключение .....	20

## Введение

В 2023 году коллектив АО «ОКБ «Аэрокосмические системы» совместно с АО «Казанский завод синтетического каучука» освоили полный цикл разработки и серийного изготовления сертифицированных резиновых уплотнений для всех систем и механизмов самолетов RRJ-95NEW и самолетов типа МС-21, ранее не изготавливаемых на территории Российской Федерации.

Резиновые уплотнения предназначены для:

- обеспечения огнестойкости и огнестойкости в пожароопасных зонах;
- обеспечения герметичности фюзеляжа;
- защиты от пыли и грязи, снижения перетекания воздуха при изменении давления;
- уменьшения зазора между элементами конструкции планера;
- компенсации относительных перемещения, деформаций и гашения вибрации элементов конструкции воздушного судна;
- уменьшения ступенек на аэродинамических поверхностях воздушного судна.

Исторически, основными мировыми производственными площадками по изготовлению сертифицированных резиновых уплотнений для самолетов являются JPR HUTCHINSON (Франция) и Trelleborg Group (Швеция).

Примеры разрабатываемых изделий JPR HUTCHINSON приведены на рисунке 1



Рисунок 1 - Пример разрабатываемых изделий JPR HUTCHINSON.

Примеры разрабатываемых изделий Trelleborg Group приведены на рисунке 2.

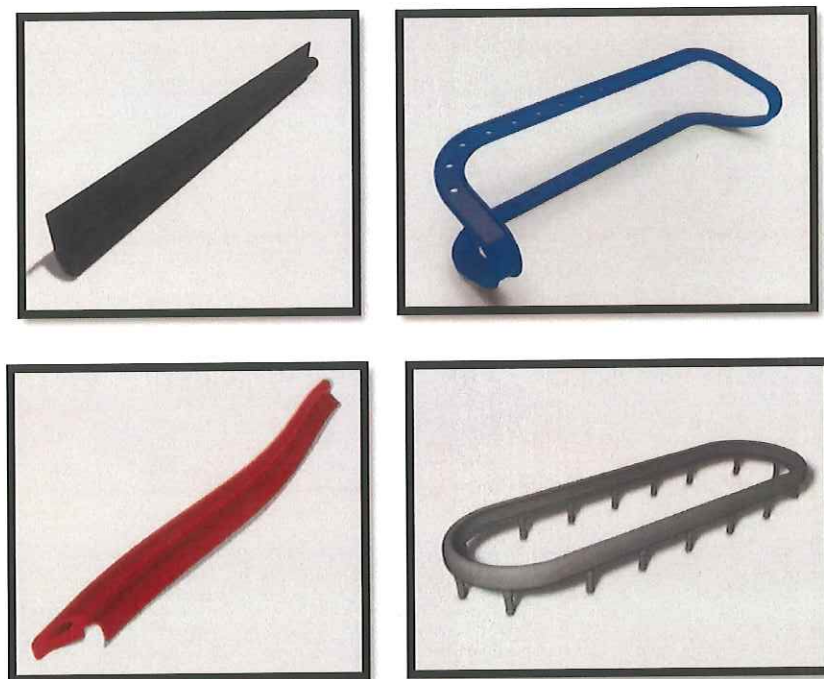


Рисунок 2 - Пример разрабатываемых изделий Trelleborg Group.

В связи с усилившимся санкционным давлением со стороны западных стран и разрывом логистических цепочек при поставках авиационного оборудования остро стоит вопрос создания в Российской Федерации специализированных производственных и конструкторских мощностей для изготовления сертифицированных резиновых уплотнений для оснащения современных Российских самолетов.

## 1. Описание и назначение резиновых уплотнений

В рамках ОКР на разработку резиновых уплотнений для самолетов типа RRJ-95NEW и MC-21, а также для силовых установок с двигателями ПД-8 и ПД-14 сотрудники АО «ОКБ «Аэрокосмические системы» в кратчайшие сроки разработали резиновые уплотнения для следующих систем:

- уплотнения дверей, люков фюзеляжа и обтекателя крыло - фюзеляж;
- уплотнения консолей крыла;
- уплотнения навески двигателей;
- уплотнения для оперения;
- уплотнения створки ниши шасси;
- уплотнения обтекателя закрылков;
- уплотнения на элеронах, в предкрылках и в закрылках;
- уплотнения на стенках между отсеками фюзеляжа;
- уплотнения в системах подвода воздуха вспомогательной силовой установки;
- уплотнения силовых установок двигателей ПД-8 и ПД-14.

Основные свойства разработанных уплотнений, а также их схема распределения по воздушному судну, показана на рисунке 3.

ВВФ	Раздел КТ-160	Кат.	Описание
Температура и высота	4.0	D3	Значение температуры: - рабочая повышенная плюс 250° С; - предельная повышенная плюс 260° С; - рабочая пониженная минус 55° С; - предельная пониженная минус 60° С.
Изменение температуры	5.0	A	-
Влажность	6.0	C	-
Вибрация	8.0	S	Зона двигателя, кривая W
Загрязняющие жидкости	11.0	F	Категория F Топливо: - ТС-1 ГОСТ 10227; - РТ ГОСТ 10227; - Джек А-1 DEF STAN 91-091 и прочие жидкости.  Гидравлические жидкости: - Skydrol 500D-4 SAE AS 1241; - Skydrol LD-4 SAE AS 1241; - HyJet IV A SAE AS 1241 и прочие жидкости.  Смазочные масла: - Mobil Jet Oil 387 (ТехонMobil) MIL-L-7808; - Turbonycoil 640 (NYCO) MIL-PRF-7808; - Mobil Jet Oil II MIL-PRF-23699; - Turbonycoil 600 MIL-PRF-23699; - Turbo Oil 2380 (BP) MIL-PRF-23699; - Turbo Oil 2380 (Air BP) MIL-PRF-7808; - ВНИИИП 50-1-4у ТУ 38.401-58-12; - ИМП-10 ТУ 38.1011299 и прочие жидкости.  Противообледенительные жидкости: - Арктика ДГ ТУ 2422-003-26759308 с изм. 1, SAE AMS 1424 и прочие жидкости.
Грибоустойчивость	13.0	F	
Пожар, воспламенение	22.0	A, B или C	

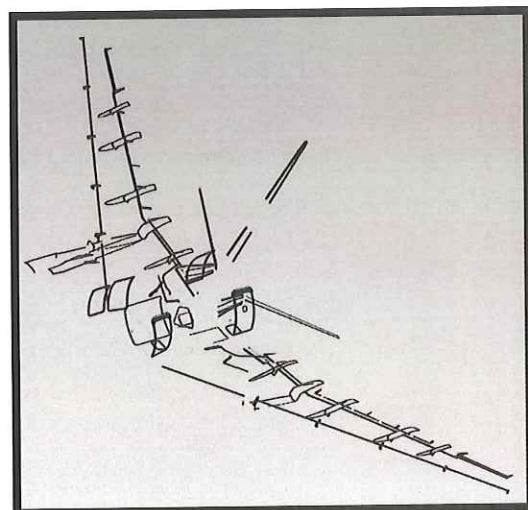
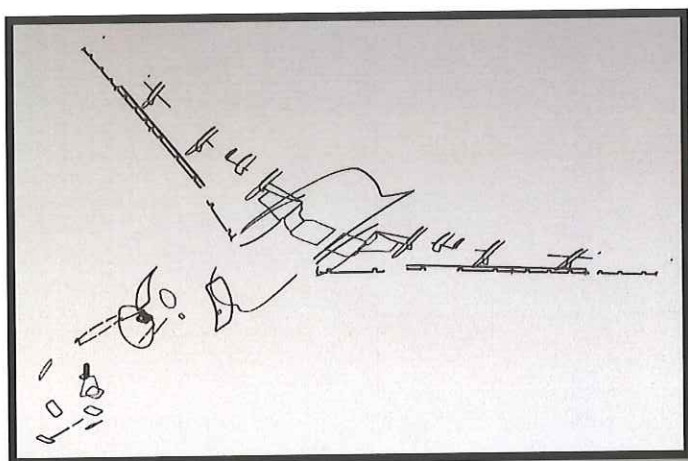


Рисунок 3 - Свойства и схема распределения по воздушному судну резиновых уплотнений.

Пример разработанных уплотнений АО «ОКБ «Аэрокосмические системы» показаны на рисунках 4 - 12.

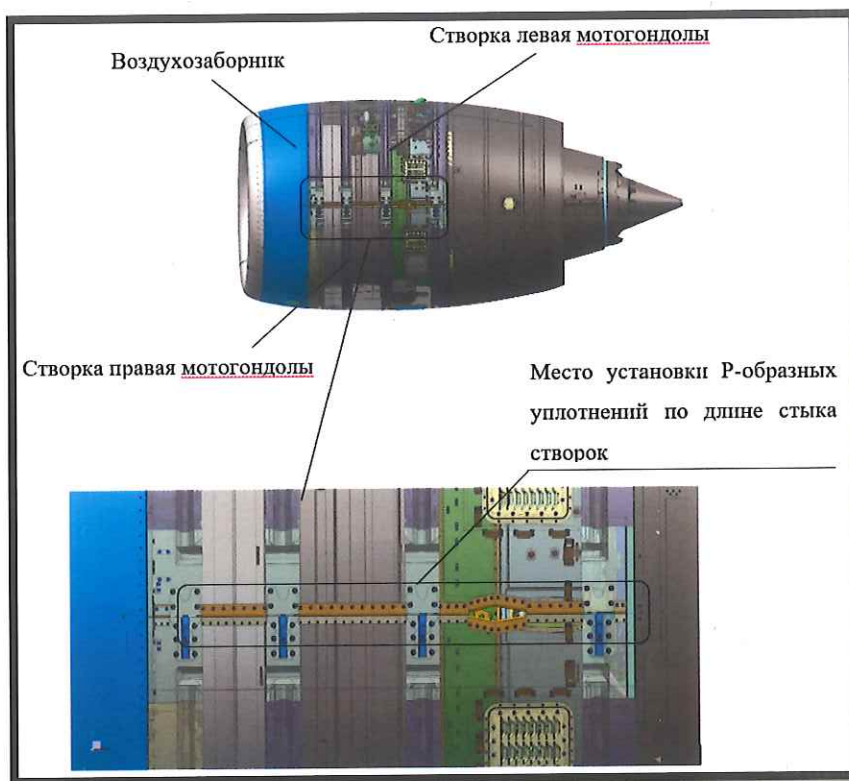


Рисунок 4 – установка уплотнений на двигатель ПД-14.



Рисунок 5 – установка уплотнений, расположенных на входных дверях.

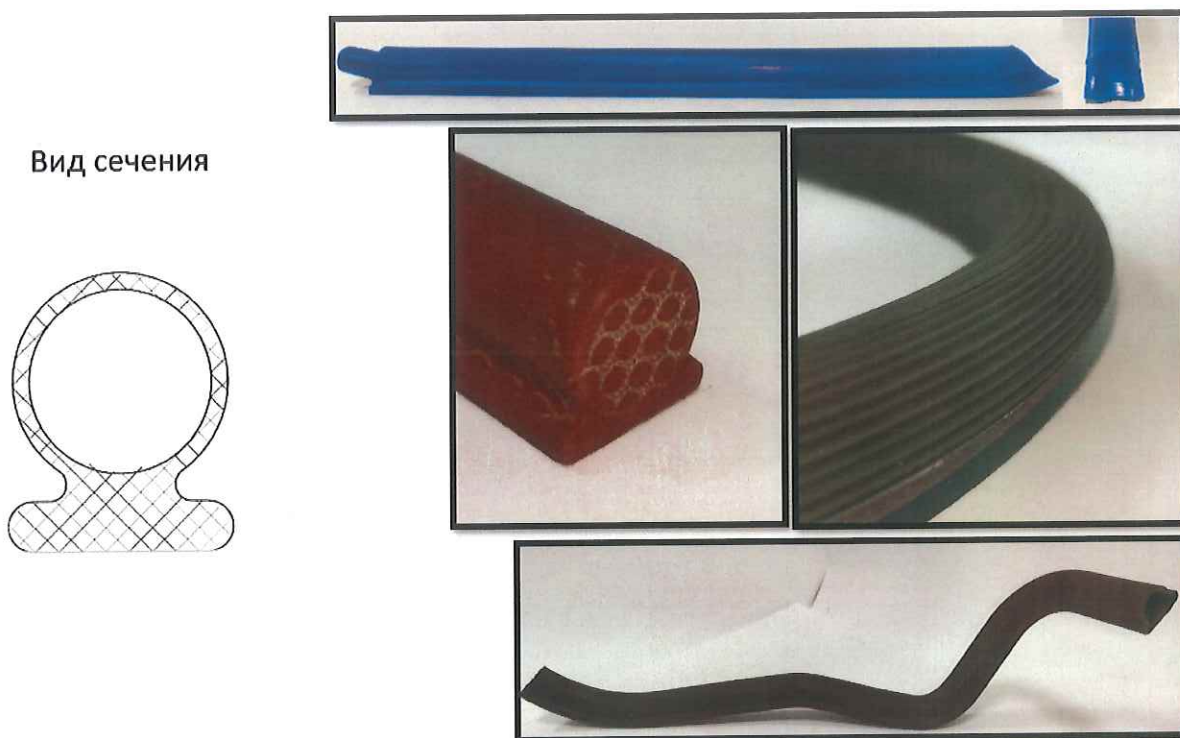


Рисунок 6 – Уплотнения Ю-образной формы. Устанавливается в герметичных зонах фюзеляжа (люки, форточки), а также на пилоне и предназначены для герметизации зон и компенсации перемещений подвижных частей

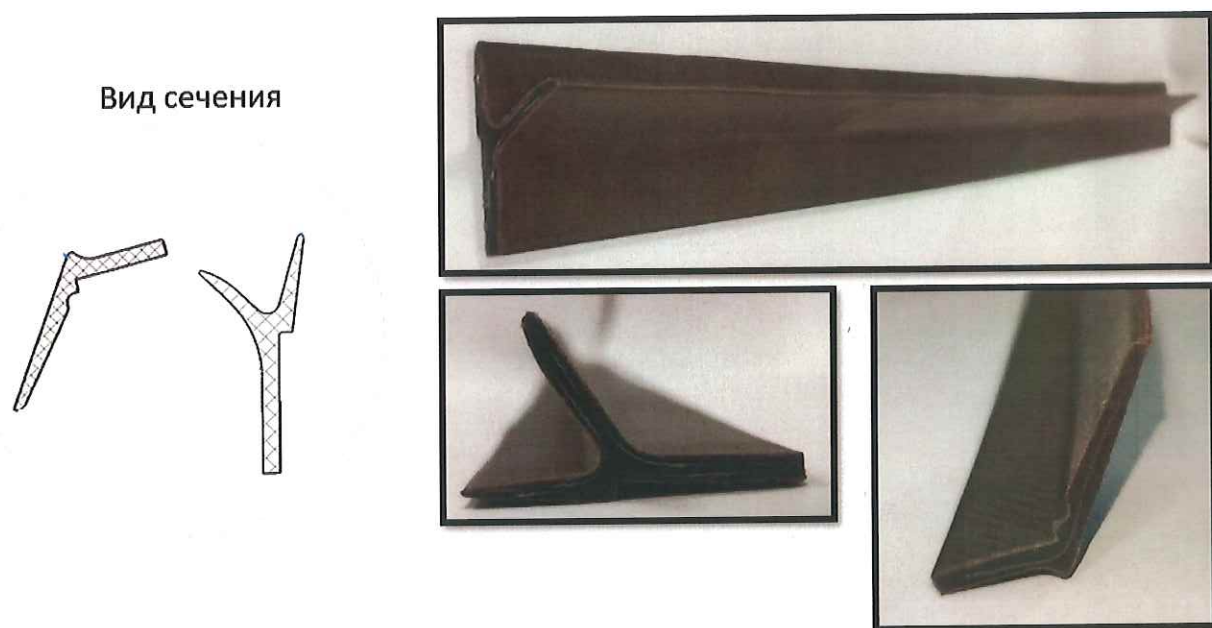


Рисунок 7 – Уплотнения Г и У-образной формы. Устанавливается на фюзеляже для предотвращения трения составных частей и предназначены для предотвращения перетекания воздуха, герметизации зон и компенсации перемещений подвижных частей.

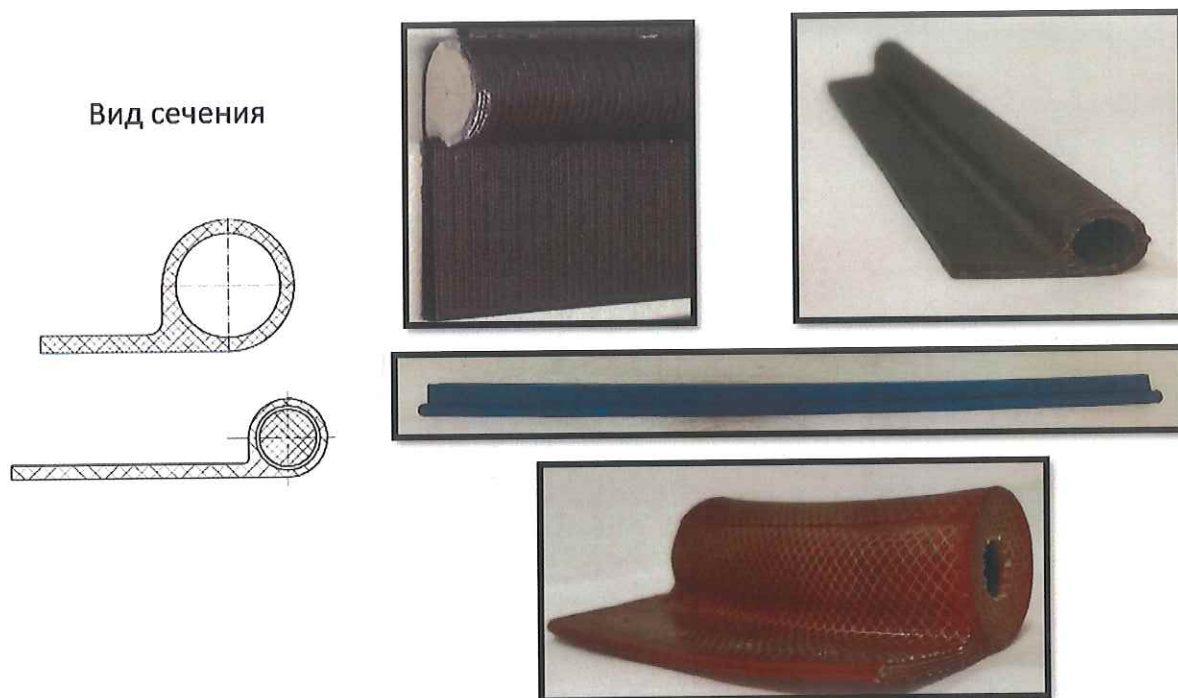


Рисунок 8 – Уплотнения Р-образной формы. Устанавливается в зонах фюзеляжа (все отсеки), в зонах крыла и оперения и предназначены для предотвращения перетекания воздуха, герметизации зон и компенсации перемещений подвижных частей.

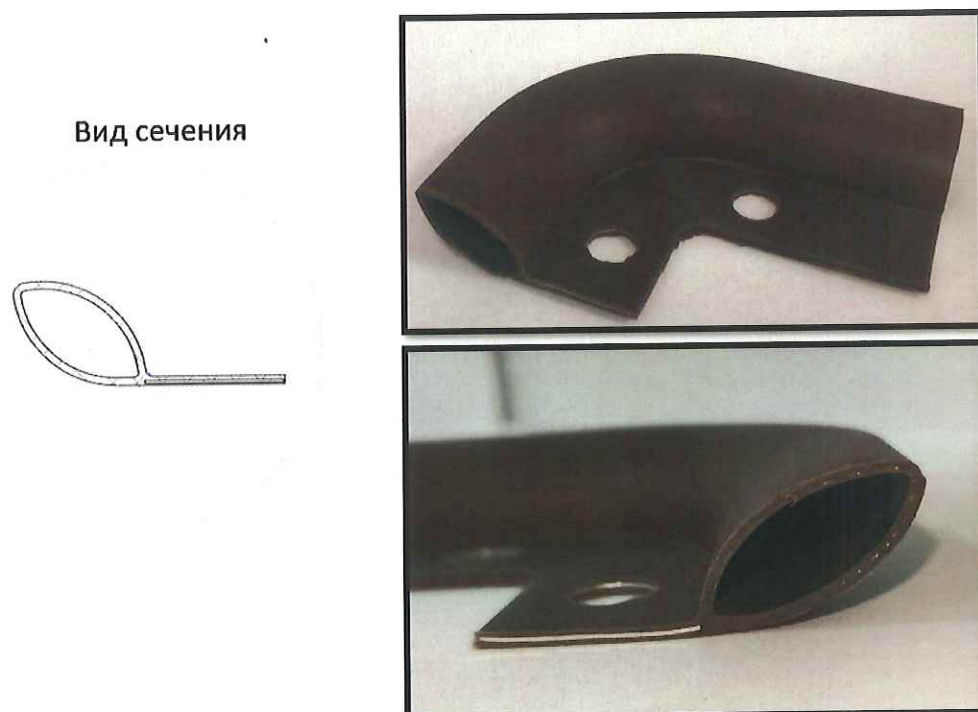
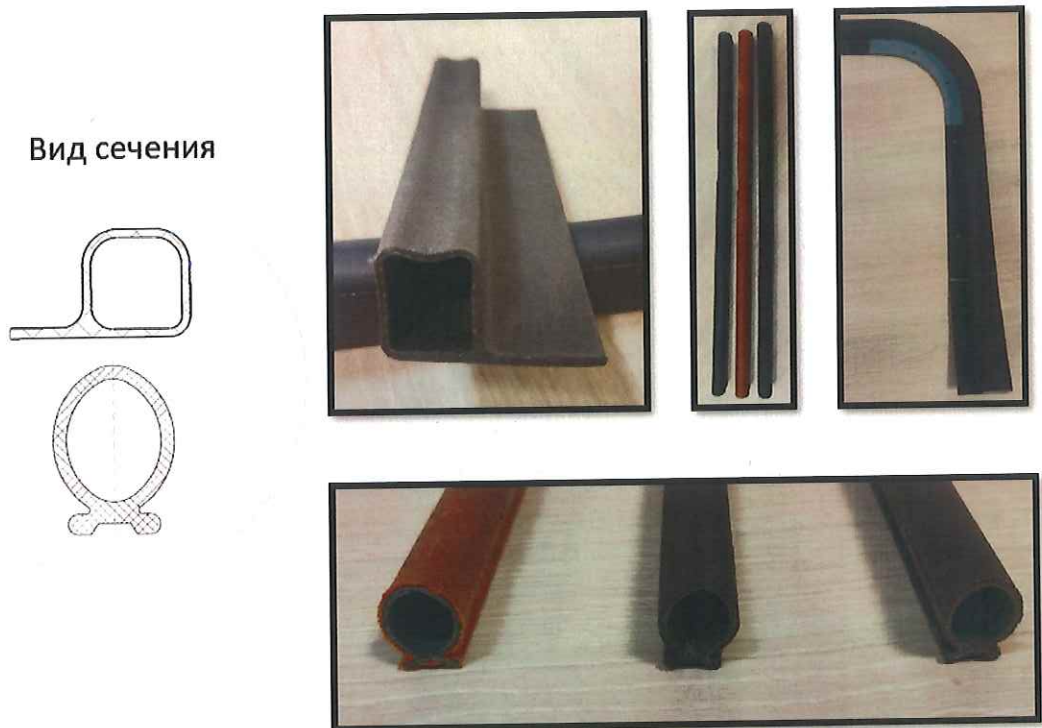
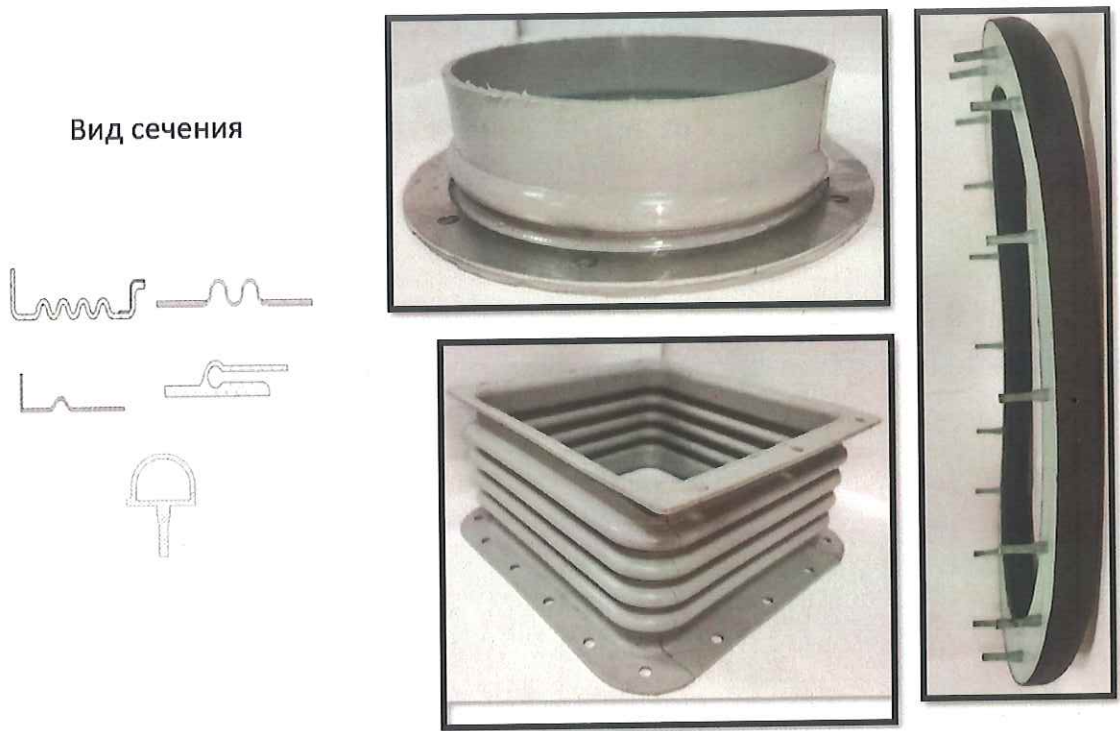


Рисунок 9 – Уплотнения Ро-образной формы. Устанавливается в зоне механизации крыла и предназначены для предотвращения перетекания воздуха, герметизации зон и компенсации перемещений элементов механизации крыла.



## Вид сечения

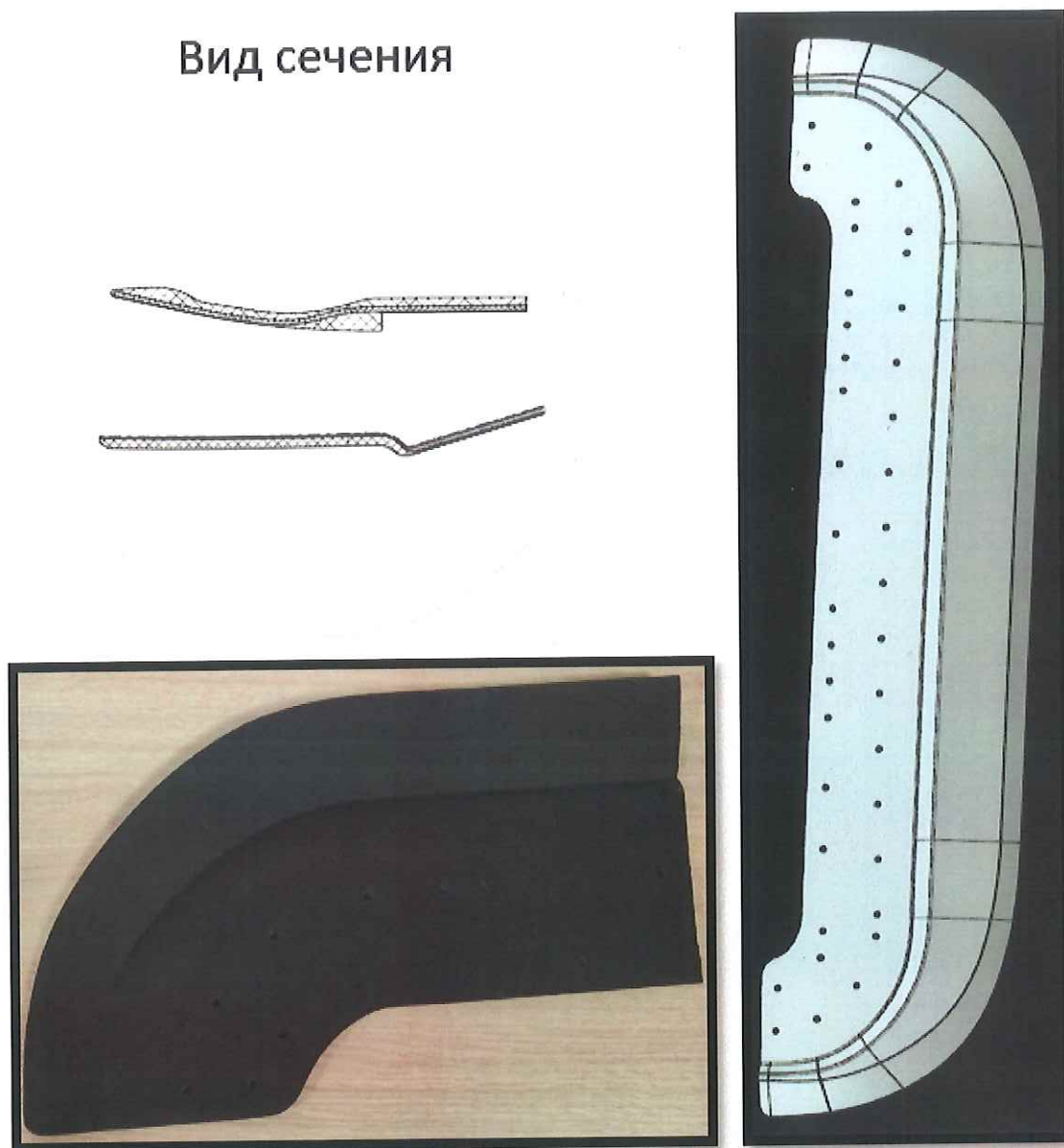


Рисунок 12 – Уплотнения с композитными вставками. Устанавливаются на поверхности фюзеляжа и крыла, композит используется для увеличения жесткости и предотвращают перетекания набегающих потоков воздуха.

## 2. Проведение сравнительных испытаний с импортными аналогами

Специалистами АО «ОКБ «Аэрокосмические системы» проведен анализ конструкции импортных резиновых уплотнений. Выявлены как «сильные» конструктивно-технологические стороны, такие как высокая прочность связи материалов, так и очевидные недостатки конструкции, например, высокая жесткость уплотнения.

Для подтверждения принятых конструкторско-технологических решений, также технологии изготовления, были проведены сравнительные испытания упрощенных образцов разработанных уплотнений и импортных аналогов.

Упрощенные образцы для проведения сравнительных испытаний показаны на рисунке 13.

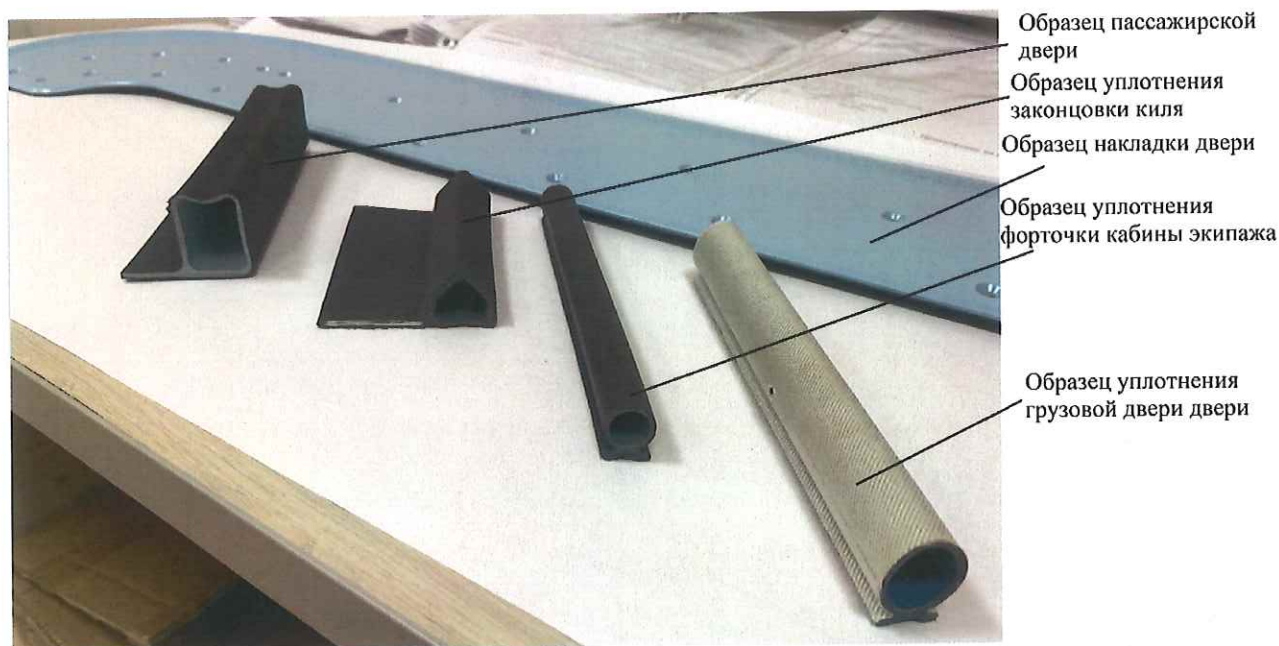


Рисунок 13 – образцы для проведения сравнительных испытаний.

Для выполнения сравнительных испытаний была разработана специализированная оснастка и составлены методики измерений, некоторые из которых на территории Российской Федерации проводились впервые. Например, испытания по определению усилия страгивания при закрытии/открытии пассажирской двери воздушного судна.

Испытаний по определению усилия страгивания при закрытии/открытии пассажирской двери воздушного судна показаны на рисунке 14.

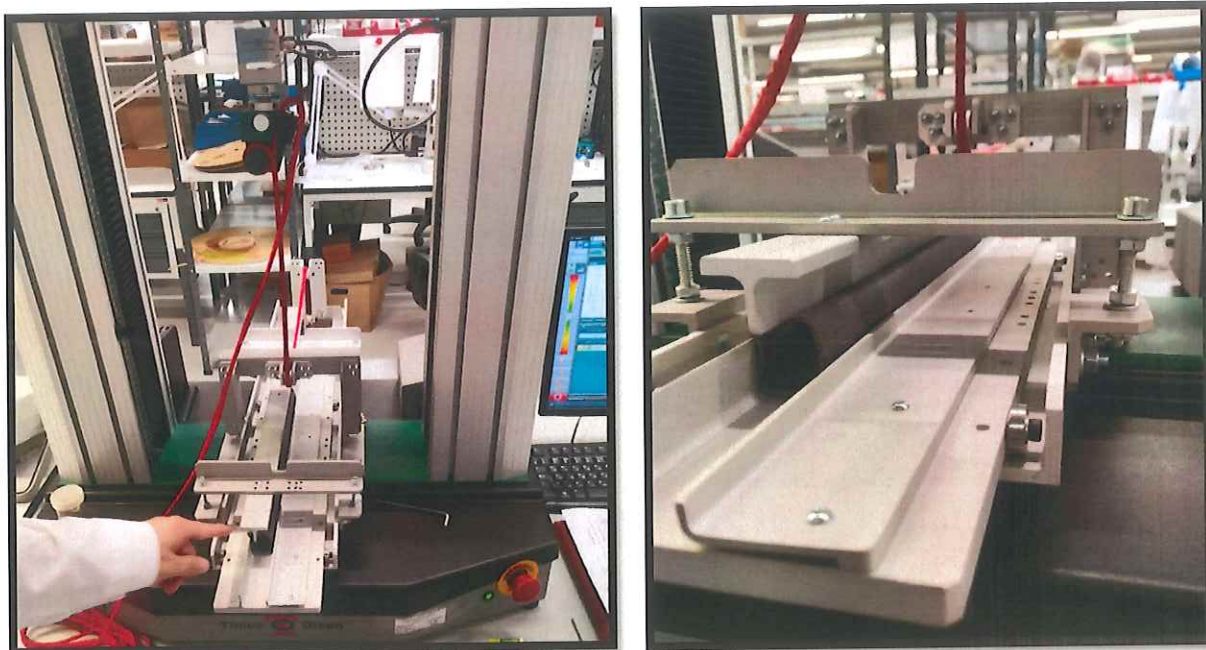


Рисунок 14 – Определение усилия страгивания при закрытии/открытии пассажирской двери воздушного судна.

Проведённые сравнительные испытания и анализ импортных аналогов позволил разработать конструкцию резиновых уплотнений, не имеющих аналогов в Российской Федерации, с характеристиками, не уступающими импортным аналогам, и ресурсом не менее 54 000 полетов и не менее 70 000 летных часов. Была выполнена унификация уплотнений (в том числе импортных), устанавливаемых в разных частях самолетов, что сократило количество разрабатываемой КД на 15 % без потери качества.

### 3. Проведение испытаний на определение стойкости к воздействию пламени

Важной особенностью сертифицированных резиновых уплотнений, разработанных в АО «ОКБ «Аэрокосмические системы» является стойкость к воздействию пламени с температурой 1100 °С в течение 15 минут согласно КТ-160G/14G.

Для достижения данных целей были решены следующие технические задачи:

- разработаны резиновые смеси с повышенной стойкостью к воздействию пламени;
- подобраны материалы (отечественного производства) для армирования уплотнений обеспечивающие стойкость к внешним воздействующим факторам, позволяющие уплотнениям соответствовать требованиям международных авиационных стандартов;
- подобрана оптимальная схема армирования резиновых уплотнений обеспечивающая стойкость уплотнений к воздействию пламени согласно КТ-160G/14G;
- разработана испытательная оснастка для подтверждения заданных характеристик.

Пример разработанных схем армирования показан на рисунке 15.

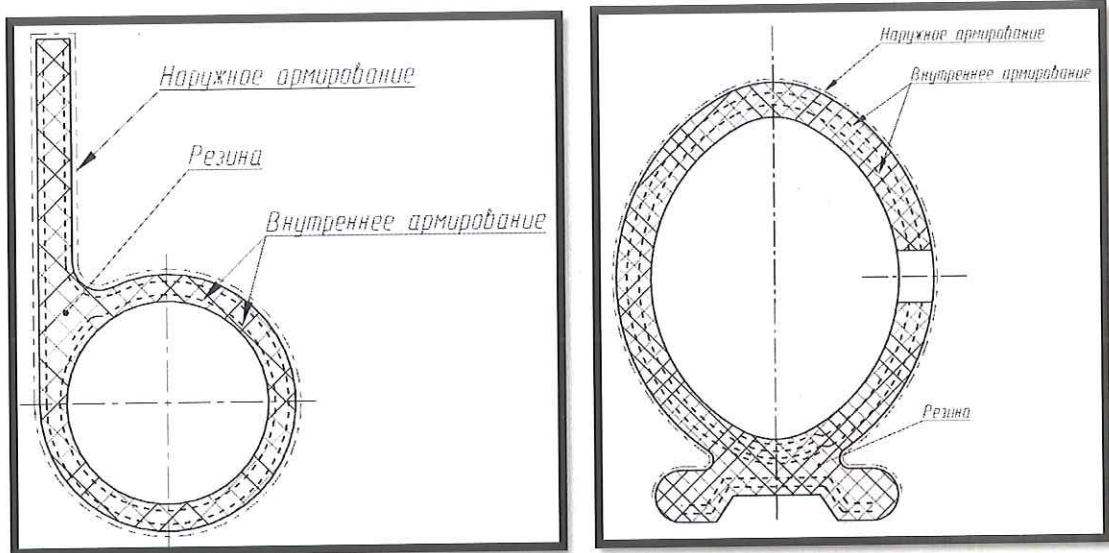


Рисунок 15 – Схемы армирования уплотнений, обеспечивающие стойкость к воздействию пламени с температурой 1100 °С в течение 15 минут.

Для подтверждения соответствия уплотнений требованиям огнестойкости были проведены специализированные «Огневые» испытания на базе ООО «ИК ЦТО», г. Новосибирск. Схема проведения огневых испытания показана на рисунке 16

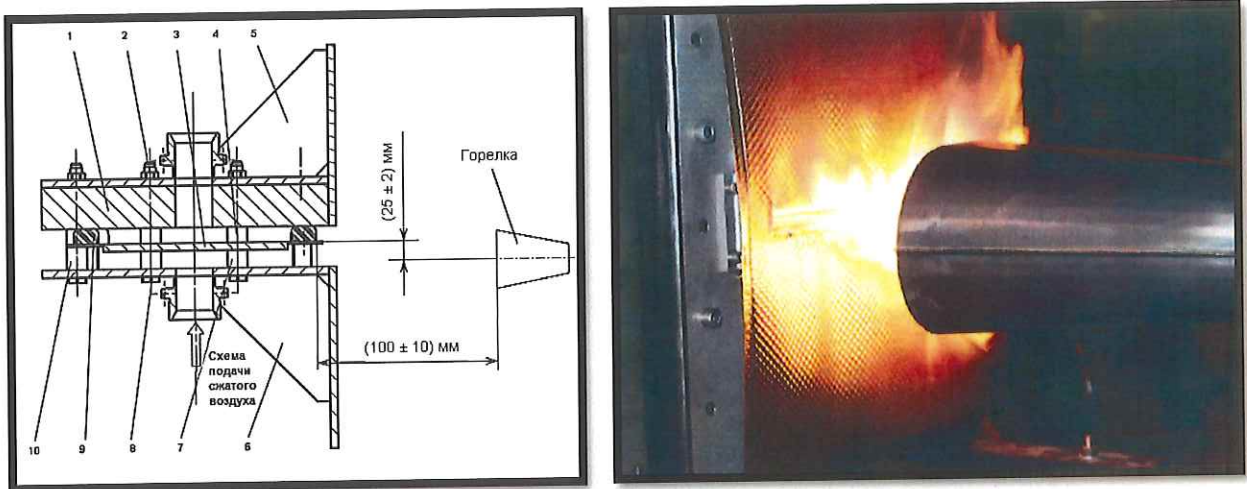


Рисунок 16 – Проведение огневых испытаний на стойкость к воздействию пламени с температурой 1100 °С в течение 15 минут, где

- 1 – Панель обшивки; 2 – Гайка; 3 – Стальная плита для патрубков; 4 – Втулка;  
 5 – Корпус из стали; 6 – Корпус из титана; 7 – Втулка; 8 – Болт; 9 – Уплотнение; 10 – Втулка.

Уплотнение после проведения испытаний на воздействие пламени показано на рисунке 17.



Рисунок 17 – Уплотнение после проведения огневых испытаний на стойкость к воздействию пламени с температурой 1100 °С в течение 15 минут.

Испытания на стойкость к воздействию пламени по категориям А, В и согласно КТ-160G/14G были успешно пройдены всеми разработанными образцами.

#### 4. Организация серийного производства резиновых уплотнений

Для организации серийного производства уплотнений в кратчайшие сроки были решены задачи по освоению технологии изготовления резиновых уплотнений, армированных внутри и снаружи тканью методом прямого прессования, разработана широкая номенклатура сборочной и сборочно-формирующей оснастки, подобрано и закуплено специализированное оборудование. Проведена работа с Российскими поставщиками по изменению технологии изготовления и корректировки технических условий на армирующие материалы для соответствия требованиям международных авиационных стандартов.

Для обрезинивания армирующих тканей была выбрана технология «промазки» ткани с использованием четырех-валковом Z-образного каландра.

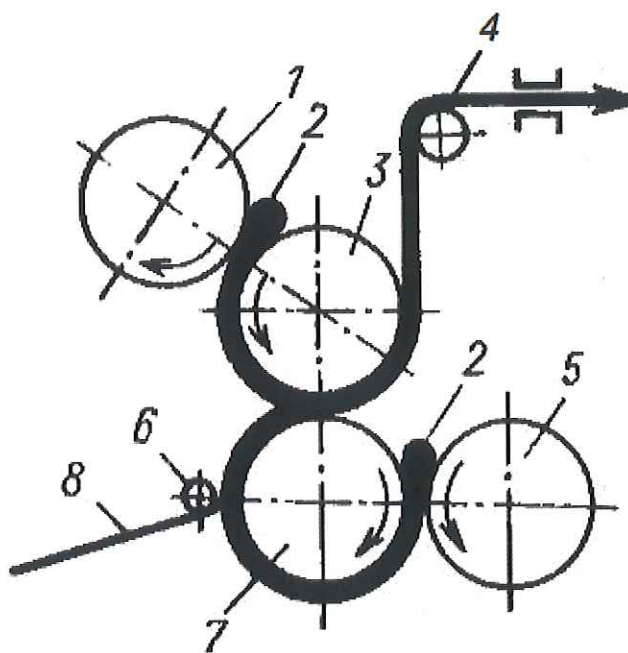


Рисунок 18 - Схема обрезинивания корда на четырех-валковом Z-образном каландре, где 1,3,5,7-валки каландра; 2-резиновая смесь; 4-обрезиненная ткань; 6-прижимной валик; 8- ткань.

Выбранный метод обрезинивания ткани позволяет получать заготовки толщиной резинового слоя на ткани от 0,2 мм и добиться полного проникновения

резины в междуузлии ткани объединяясь с ней в единый монолитный материал. При этом сохраняется высокая пластичность и адгезивные свойства. Кроме того, ткань обрезиненная на каландре допускает длительное хранения на складе перед запуском в производство.

Было закуплено современное оборудование для высокоточного раскроя обрезиненного полотна, что позволило значительно ускорить сборку резиновых уплотнений.

Для обеспечения эффективной, качественной и быстрой сборки уплотнений сборочные участки были оснащены необходимой сборочной оснасткой и инструментом.

Для контроля выпускаемой продукции было закуплено измерительное оборудование, освоены фотографические методы контроля и применены автоматизированные измерительные станции.

Описанные подходы позволили в кратчайшие сроки запустить серийное производство качественных резиновых уплотнений широкого спектра применения и минимизировать выпуск бракованной продукции.

## 5. Заключение

Проведенная работа позволила ОКБ «Аэрокосмические системы» в кратчайшие сроки разработать и освоили полный цикл серийного изготовления сертифицированных резиновых уплотнений создать уплотнений со следующими ключевыми характеристиками:

- повышенная износостойкость;
- высокая стойкость к воздействию ультрафиолетовых лучей;
- устойчивость к воздействию загрязняющих (агрессивных) жидкостей;
- обеспечена стойкость уплотнений к воздействию пламени с температурой 1100 °С в течение 15 минут;
- минимальный коэффициент трения на наружной поверхности;
- обеспечен ресурс изделий не менее 1 000 000 циклов.
- повышенный срок службы изделий.

Разработанные специалистами АО «ОКБ «Аэрокосмические системы» уплотнения соответствуют требованиям международных авиационных стандартов. В будущем конструкторско-технологические наработки, полученные специалистами АО «ОКБ «Аэрокосмические системы», позволят создавать сложные сертифицированные резинотехнические изделия гражданского и военного назначения для авиационной отрасли промышленности.