

ООО «Формкомпозит»

ООО «ИК ЦТО»

Экз. № __

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ООО «Формкомпозит»



Калмыкова Е.А.

2019 г.

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «ИК ЦТО»



/ Рязанцев А.Э.

«28» февраля 2019 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЁТ
«Определение устойчивости кабельных хомутов к
влиянию атмосферной коррозии категории C5-M и Im2 по ISO 20340»

Листов 26 (Двадцать шесть)

Начало работ
Окончание работ

«20» августа 2018 г.
«28» февраля 2019 г.

Заведующий испытательной лабораторией

/ Иванов А.А.

Новосибирск
2019 г.

Оглавление

| | |
|--|----|
| 1. Список исполнителей | 3 |
| 2. Список иллюстраций | 4 |
| 3. Список таблиц | 5 |
| 4. Список нормативной документации | 6 |
| 5. Введение 7 | |
| 5.1. Задачи, выполняемые в рамках работы..... | 7 |
| 5.2. Основные результаты работы | 8 |
| 6. Объекты и методы испытаний..... | 9 |
| 6.1. Объекты испытаний..... | 9 |
| 6.2. Методика и программа испытаний..... | 11 |
| 6.3. Используемое оборудование | 13 |
| 7. Результаты испытаний | 16 |
| Испытания на влияние атмосферной коррозии категории типа C5-M и Im2 по ISO 20340... | 16 |
| 8. Заключение | 22 |
| 8.1. Результаты, полученные в ходе выполнения работ | 22 |
| 8.2. Заключение, сделанные на основании полученных результатов | 23 |
| 9 Приложение 1. Аттестат и область аккредитации испытательной лаборатории ООО «ИК ЦТО» | 24 |

1. Список исполнителей

| Ф. И. О., должность | Подпись | Выполненные работы |
|---|--|---|
| Кутаев Николай Васильевич, исполнительный директор |  | – Общее руководство работами, – согласование научно-технического отчета |
| Иванов Алексей Анатольевич, зав. лаборатории |  | – Обработка результатов, – написание научно-технического отчета |
| Никулин Владимир Васильевич, ведущий инженер-испытатель |  | – Проведение механических испытаний, – обработка результатов |
| Савко Роман Александрович, инженер-испытатель |  | – Проведение климатических и механических испытаний, – обработка результатов |
| Калугина Елизавета Александровна, инженер-испытатель |  | – Проведение климатических испытаний, – обработка результатов |
| Куликов Евгений Николаевич, к.т.н., технический директор |  | – Согласование научно-технического отчета |

2. Список иллюстраций

| | |
|---|----|
| Рисунок 6.1. Вид кабельных хомутов до климатических и механических испытаний..... | 9 |
| Рисунок 6.2. Вид элементарных образцов до климатических и механических испытаний | 10 |
| Рисунок 6.3. Климатическая камера-везерометр Q-SUN Xe-1-S..... | 13 |
| Рисунок 6.4. Камера соляного тумана CME Silver Fog 2000 | 13 |
| Рисунок 6.6. Машина испытательная универсальная BISS UTM-100 kN | 15 |
| Рисунок 7.1. Вид образцов после 175 дней климатических испытаний..... | 17 |
| Рисунок 7.2. Вид элементарного образца при испытаниях на трехточечный изгиб | 17 |
| Рисунок 7.3. Вид кабельного хомута при испытании на прочность | 18 |
| Рисунок 7.4. Диаграмма изменения прочности элементарных образцов при испытании на трехточечный изгиб в зависимости от продолжительности климатического воздействия (показаны стандартные отклонения)..... | 21 |
| Рисунок 7.5. Диаграмма изменения прочности кабельных хомутов в зависимости от продолжительности климатического воздействия (показаны стандартные отклонения) | 21 |

3. Список таблиц

| | |
|--|----|
| Таблица 4.1. Нормативные документы | 6 |
| Таблица 6.1. Количество образцов, используемое в программе испытаний..... | 10 |
| Таблица 6.2. Программа испытаний на влияние атмосферной коррозии категории типа C5-M и Im2 по ISO 20340..... | 12 |
| Таблица 7.2. Результаты испытаний элементарных образцов на трехточечный изгиб в нулевой контр. точке..... | 18 |
| Таблица 7.3. Результаты испытаний элементарных образцов на трехточечный изгиб в первой контр. точке..... | 19 |
| Таблица 7.4. Результаты испытаний элементарных образцов на трехточечный изгиб во второй контр. точке..... | 19 |
| Таблица 7.5. Результаты испытаний элементарных образцов на трехточечный изгиб в третьей контр. точке..... | 19 |
| Таблица 7.6. Результаты испытаний кабельных хомутов на прочность..... | 20 |

4. Список нормативной документации

Таблица 4.1. Нормативные документы

| № | Код | Название |
|---|-------------------------------|---|
| 1 | ТУ 27.33.13-001-32803953-2018 | Крепления кабельные. Технические условия. ООО «Формкомполит» |
| 2 | ISO 20340 | Лакокрасочные покрытия – технические требования к системе защитных лакокрасочных покрытий для морских и аналогичных им конструкций |
| 3 | ГОСТ 9.401-91 | Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов (с Изменениями N 1, 2) |
| 4 | ASTM D790 | Стандартные методы определения свойств при изгибе неармированных и армированных пластмасс и электроизоляционных материалов |
| 5 | ГОСТ 16350 | Районирование и статические параметры климатических факторов для технических целей |
| 6 | ГОСТ 15150 | Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды |
| 7 | ГОСТ 7.32-2017 | Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления |
| 8 | ГОСТ/ISO/МЭК 17025 | Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий |

5. Введение

Основной целью данной работы является определение устойчивости материала стеклопластиковых кабельных хомутов производства ООО «Формкомполит» (ИНН 9715321930) согласно ТУ 27.33.13-001-32803953-2018 к влиянию атмосферной коррозии категории типа С5-М и Im2 по ISO 20340.

Испытания были проведены в период 20.08.2018 по 28.02.2019 в Испытательной лаборатории механических и климатических испытаний образцов, материалов и компонентов авиационной техники ООО «ИК ЦТО» (далее - ИЛ). ИЛ аккредитована в Авиационном регистре Межгосударственного авиационного комитета: аттестат аккредитации АР МАК № ИЛ-135 от 10.04.2017 г. представлен в Приложение № 1.

Для проведения работ ООО «Формкомполит» были предоставлены стеклопластиковые конструктивно-подобные образцы – кабельные хомуты производства ООО «Формкомполит» типа ФК 1x25-40 согласно ТУ 27.33.13-001-32803953-2018 и элементарные образцы материала. Образцы для испытаний выполнены из материала стеклонаполненный полиамид ПА6 с содержанием стекла не менее 20% методом литья под давлением.

5.1. Задачи, выполняемые в рамках работы

5.1.1. Разработана программа климатически испытаний:

«Программа испытаний образцов на влияние атмосферной коррозии категории С5М и Im2 по ISO 20340». Недельный климатический цикл полностью соответствовал Приложению А ISO 20340.

Критериями периодического контроля были выбраны:

- Для элементарных образцов - испытания на трехточечный изгиб по методике ASTM D790.
- Для кабельных хомутов - испытание на прочность в специальном приспособлении, которое имитирует нагрузку, создаваемую кабелем при эксплуатации хомута.

Критерием отказа, в случае которого необходимо было бы остановить испытания, по согласованию с Заказчиком, было принято падение свойств по любому из критериев периодического контроля более, чем на 40% от нулевой контрольной точки хотя бы для одного образца из партии.

Длительность экспозиции: 4200 часов (175 дней). Контрольные точки: 0, 56, 112, 175 дней.

Минимальное количество образцов, на каждую контрольную точку: элементарных образцов на трехточечный изгиб 5 шт., кабельных хомутов для испытания на прочность 3 шт.

5.1.2. Заказчиком было предоставлено 20 шт. элементарных образцов и 12 шт. кабельных хомутов для испытания в четырех контрольных точках.

5.1.3. Были проведены испытания в соответствии с Программой испытаний на влияние атмосферной коррозии категории С5М и Im2 по ISO 20340. Длительность испытаний на воздействие климатических факторов составила 4 200 часов (175 календарных дней). Каждая партия образцов была испытана в течение всего срока программы климатических испытаний, так как наступления критерия отказа не было обнаружено ни в одной из партий.

5.1.4. Были проведены обработка и анализ результатов. Результаты испытаний оформлены в протоколы испытаний, которые являются неотъемлемой частью данного Научно-технического отчета:

- ПРОТОКОЛ № ИЛ «ИК ЦТО» / 734-2019 от «28» февраля 2019 г. – «Определение устойчивости к влиянию атмосферной коррозии типа С5-М и Im2 по ISO 20340 стеклопластиковых кабельных хомутов».

- ПРОТОКОЛ № ИЛ «ИК ЦТО» / 735-2019 от «28» февраля 2019 г. – «Определение устойчивости к влиянию атмосферной коррозии C5-M и Im2 по ISO 20340 элементарных образцов материала стеклопластиковых кабельных хомутов».

5.2. Основные результаты работы

5.2.1. Построены диаграммы изменения прочности образцов в зависимости от продолжительности климатического воздействия для элементарных образцов и кабельных хомутов.

5.2.2. Определена степень деградации прочности образцов в процессе климатических воздействий. Самую низкую стойкость к влиянию атмосферной коррозии категории типа C5-M и Im2 по ISO 20340 продемонстрировали элементарные образцы, лучшую – кабельные хомуты.

5.2.3. Предположительно основным разрушающим механизмом для данных материалов является воздействие ультрафиолета. Кабельные хомуты испытывались в собранном виде, поэтому большая часть поверхности была скрыта от прямого воздействия ультрафиолетового излучения. Для элементарных образцов минимум половина поверхности, и в первую очередь ответственная за прочность на изгиб, подвергалась прямому воздействию ультрафиолетового излучения.

5.2.4. Для всех типов образцов наблюдается снижение механических свойств в четырех контрольных точках измерения механических свойств.

5.2.5. Для испытываемых образцов не выявлено случаев наступления критериев отказа. Критерием отказа выбрано падение от исходного состояния механических свойств хотя бы 1 образца из партии более чем на 40% на любой из контрольных точек.

5.2.6. В ходе выполнения программы сделаны заключения о соответствии требованиям стойкости материала кабельных хомутов производства ООО «Формкомполит» типа ФК 1х25-40 согласно ТУ 27.33.13-001-32803953-2018 к влиянию атмосферной коррозии категории C5-M и Im2 по ISO 20340. С учетом использованного критерия отказа (падение от исходного состояния механических свойств хотя бы 1 образца из партии более чем на 40% на любой из контрольных точек), показано соответствие материалов стеклопластиковых кабельных хомутов производства ООО «Формкомполит» требованиям стойкости материалов к атмосферной коррозии категории C5-M и Im2 по ISO 20340.

6. Объекты и методы испытаний

6.1. Объекты испытаний

Для испытаний предоставлено два типа образцов:

- Элементарные образцы материала, вырезанные из кабельных хомутов производства ООО «Формкомпозит», изготовленных согласно ТУ 27.33.13-001-32803953-2018, в количестве 20 шт.

- Конструктивно-подобные образцы – кабельные хомуты производства ООО «Формкомпозит» типа ФК 1х25-40 согласно ТУ 27.33.13-001-32803953-2018 в количестве: 12 шт.

Материал обоих типов образцов: стеклонаполненный полиамид ПА6 с содержанием стекла не менее 20%.

Технология производства обоих типов образцов: литье под давлением.

На рисунке 6.1 представлен общий вид кабельных хомутов до климатических и механических испытаний.

На рисунке 6.2 представлены все элементарные образцы до климатических и механических испытаний.



Рисунок 6.1. Вид кабельных хомутов до климатических и механических испытаний



Рисунок 6.2. Вид элементарных образцов до климатических и механических испытаний

Таблица 6.1. Количество образцов, используемое в программе испытаний

| Тип образца | Кол-во образцов на контрольную точку | | | | Всего образцов |
|-----------------------|--------------------------------------|---------|----------|----------|----------------|
| | 0 дней | 56 дней | 112 дней | 175 дней | |
| Элементарные образцы | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 |
| Кабельные хомуты | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| Общее кол-во образцов | 8 | 8 | 8 | 8 | 32 |
| Итого образцов | | | | | 32 |

6.2 Методика и программа испытаний

Основной целью данной работы является изучение устойчивости элементарных образцов материала и материала стеклопластиковых кабельных хомутов производства ООО «Формкомполит» согласно ТУ 27.33.13-001-32803953-2018 к влиянию атмосферной коррозии категории типа C5-M и Im2 по ISO 20340.

Коррозия категории типа C5-M и Im2 по ISO 20340 относится к надводным морским сооружениям, которые, в свою очередь, по ГОСТ 16350 и ГОСТ 15150 относятся к климатическому исполнению OM1: макроклиматические районы с умеренно-холодным и тропическим морским климатом, эксплуатация на открытом воздухе. Международный стандарт ISO 20340 в приложении А определяет процедуру старения материалов для морской атмосферы, или по другому, для климатического исполнения OM1. В свою очередь, стандарт ГОСТ 9.401-91 для данного типа климатического исполнения регламентирует процедуру старения материалов методом 10.

Для композитных пластиковых изделий, эксплуатирующихся на открытом воздухе в морском климате, основными разрушающими факторами являются солнечное излучение и соляной туман, первое является самым основным. В методике приложения А ISO 20340 интенсивность воздействия этих двух факторов в два раза выше, чем в методе 10 ГОСТ 9.401-91, поэтому для проверки устойчивости материала стеклопластиковых кабельных хомутов к морскому климату и разработки программы испытаний была выбрана методика приложения А ISO 20340.

Стандарт ГОСТ 9.401-91 для климатического исполнения OM1 регламентирует проводить оценку сроков службы материала следующим образом: полученная, при достижений материалом критериев отказа, продолжительность ускоренных лабораторных климатических испытаний перемножается на коэффициент ускорения 22.

Суммарная продолжительность ускоренных лабораторных климатических испытаний в соответствии с приложением А ISO 20340 составляет 175 дней.

Беря во внимание все выше перечисленное, можно сделать предположение, что продолжительность воздействия климатических факторов на образцы по разработанной программе испытаний для проверки устойчивости материала стеклопластиковых кабельных хомутов к морскому климату в соответствии с приложением А ISO 20340 эквивалентна 21 году службы. В таблице 6.1 приведена, согласованная с Заказчиком программа испытаний.

Необходимо отметить, что стандарты ISO 20340 и ГОСТ 9.401-91 являются стандартами для испытания лакокрасочных покрытий, но программы испытаний, заложенные в них, являются релевантными для испытания композиционных полимерных материалов.

Таблица 6.2. Программа испытаний на влияние атмосферной коррозии категории типа C5-M и Im2 по ISO 20340

| № | Наименование | Содержание |
|---|---|--|
| 1 | Описание одного климатического цикла | <p>1. Воздействие ультрафиолетового излучение (UVA 340 nm по ISO 11507) в течение 72 часов. Циклирование 2-х режимов воздействия: 4 часа воздействия – ультрафиолетовая фаза при температуре 60 °С, 4 часа воздействия – конденсационная фаза при температуре 50 °С.</p> <p>2. Воздействие соляного тумана по ISO 7263 в течение 72 часов.</p> <p>3. Воздействие низкой температуры (минус) 20 °С в течение 24 часов.</p> <p>Общая продолжительность 1-ого климатического цикла: 168 часов (7 суток)</p> |
| 2 | Общая продолжительность климатических испытаний | 25 климатических циклов = 4200 часов (175 дней) |
| 3 | Контрольные точки | 0, 56, 112 и 175 дней |
| 4 | Методы контроля | <p>1. Для всех испытуемых образцов: визуальный осмотр с фиксацией изменения цвета материала и выявления видимых дефектов.</p> <p>2. Для элементарных образцов: трехточечный изгиб по методике ASTM D790.</p> <p>3. Для кабельных хомутов: испытание на прочность в специальном приспособлении, которое имитирует нагрузку, создаваемую кабелем при эксплуатации хомута.</p> |
| 5 | Задействованное оборудование | <p>1. Климатическая камера-везерометр Q-SUN Xe-1-S</p> <p>2. Камера соляного тумана CME Silver Fog 2000</p> <p>3. Климатическая камера тепла-холода-влажности CME NANO-80-B-H-SB</p> <p>4. Машина испытательная универсальная BISS UTM-100 kN</p> |
| 6 | Количество образцов | Необходимое количество образцов для выполнения программы испытаний с разбивкой по контрольным точкам представлено в таблице 1.2. |
| 7 | Критерий отказа | Падение свойств по любому контрольному критерию на 40 % |

6.3.Используемое оборудование

В данном разделе представлены характеристики и фотографии задействованного оборудования. Все оборудование, задействованное в испытаниях, аттестовано и имеет действующий сертификат/протокол поверки/калибровки.

6.3.1. Климатическая камера-везерометр Q-SUN Xe-1-S

Камера для моделирования вредного воздействия атмосферных условий: солнечной радиации, повышенной температуры, влажности и дождя. Диапазон рабочих температур: от +20°C до +90°C. Мощность излучения: до 0.68 Вт/м² на 340 нм. В качестве источника света используется ксеноновая лампа марки Q-Lab X-1800 мощностью 1800 Вт.



Рисунок 6.3. Климатическая камера-везерометр Q-SUN Xe-1-S

6.3.2. Камера соляного тумана CME Silver Fog 2000

Камера для коррозионных испытаний образцов и оборудования в условиях длительного воздействия повышенной температуры, влажности и тумана, в том числе соляного. Внутренние размеры камеры: 2000×1200×800 мм. Концентрация водного раствора NaCl 50 г/л.



Рисунок 6.4. Камера соляного тумана CME Silver Fog 2000

6.3.3. Климатическая камера тепла-холода-влажности СМЕ NANO-80-В-Н-СВ

Камера для моделирование агрессивного воздействия окружающей среды. Диапазон рабочих температур от -60 до +160 °С. Создаваемая влажность от 30 % до 98 %. Внутренние размеры камеры: 400×400×500 мм. Действующий протокол периодической аттестации: № 396 от 27 апреля 2018 г. Выдан ФБУ «Новосибирский ЦСМ».\



Рисунок 6.5. Климатическая камера тепла-холода-влажности СМЕ NANO-80-В-Н-СВ

6.3.4. Машина испытательная универсальная BISS UTM-100 kN

Сервогидравлическая испытательная машина на нагрузки от 0 до 100 кН с гидрозавхватами, экстензометрами, датчиком раскрытия трещин, климатической камерой, тензометрической системой. Имеются приспособления для испытаний на растяжение-сжатие, трех точечный изгиб с базой от 12 до 350 мм, на усталость с нагружением частотой от 0 до 20 Гц, трещиностойкость, малоцикловую усталость, сжатие образцов, в том числе при пониженной и повышенной температуре и влажности до 98%. Погрешность измерения усилий 0,6%. Перемещение штока силового двигателя 85 мм. Погрешность измерения осевого перемещения 0,025 мм. Машина введена в реестр средств измерений России. Действующий аттестат: № аттестата 442782 от 03.12.18, периодичность 1 раз в год.



Рисунок 6.6. Машина испытательная универсальная BISS UTM-100 kN

7. Результаты испытаний

Испытания на влияние атмосферной коррозии категории типа C5-M и Im2 по ISO 20340.

Данные и результаты испытаний представлены на основании следующих протоколов испытаний:

- ПРОТОКОЛ № ИЛ «ИК ЦТО» / 734-2019 от «28» февраля 2019 г. – «Определение устойчивости к влиянию атмосферной коррозии C5-M и Im2 по ISO 20340 стеклопластиковых кабельных хомутов»;

- ПРОТОКОЛ № ИЛ «ИК ЦТО» / 735-2019 от «28» февраля 2019 г. – «Определение устойчивости к влиянию атмосферной коррозии C5-M и Im2 по ISO 20340 элементарных образцов материала стеклопластиковых кабельных хомутов».

Испытания были проведены в соответствии с программой, указанной в таблице 1.2. Программа испытаний на влияние атмосферной коррозии категории типа C5-M и Im2 по ISO 20340.

Испытания были проведены в период 20.08.2018 г. по 28.02.2019 г в Лаборатории механических и климатических испытаний образцов, материалов и компонентов авиационной техники ООО «Исследовательский Комплекс Центра Технологического Обеспечения». Лаборатория аккредитована в Авиационном регистре Межгосударственного авиационного комитета: аттестат аккредитации АР МАК № ИЛ-135 от 10.04.2017 г.

В ходе климатических испытаний на всех образцах наблюдалось появление белого налета на поверхности. Образование белого налета впервые было отмечено после воздействия на образцы соляного тумана.

На рисунке 7.1. представлена фотография образцов, выдержавших 175 дней климатических испытаний, перед последними контрольными механическими испытаниями.

На рисунке 7.2 представлена оснастка и типовой вид элементарного образца при испытаниях на трехточечный изгиб по методике ASTM D790.

В таблицах 7.1–7.4 представлены результаты испытаний элементарных образцов на трехточечный изгиб в контрольных точках: 0, 56, 112 и 175 дней климатических испытаний.

На рисунке 7.4 представлены диаграмма изменения прочности ЭОМ на трехточечный изгиб в ходе климатических испытаний.

На рисунке 7.3 представлена оснастка и типовой вид испытания кабельных хомутов на прочность в испытательном приспособлении.

В таблице 7.5 представлены результаты испытаний кабельных хомутов в контрольных точках: 0, 56, 112 и 175 дней климатических испытаний.

На рисунке 7.5 представлена диаграмма изменения прочности кабельных хомутов в ходе климатических испытаний

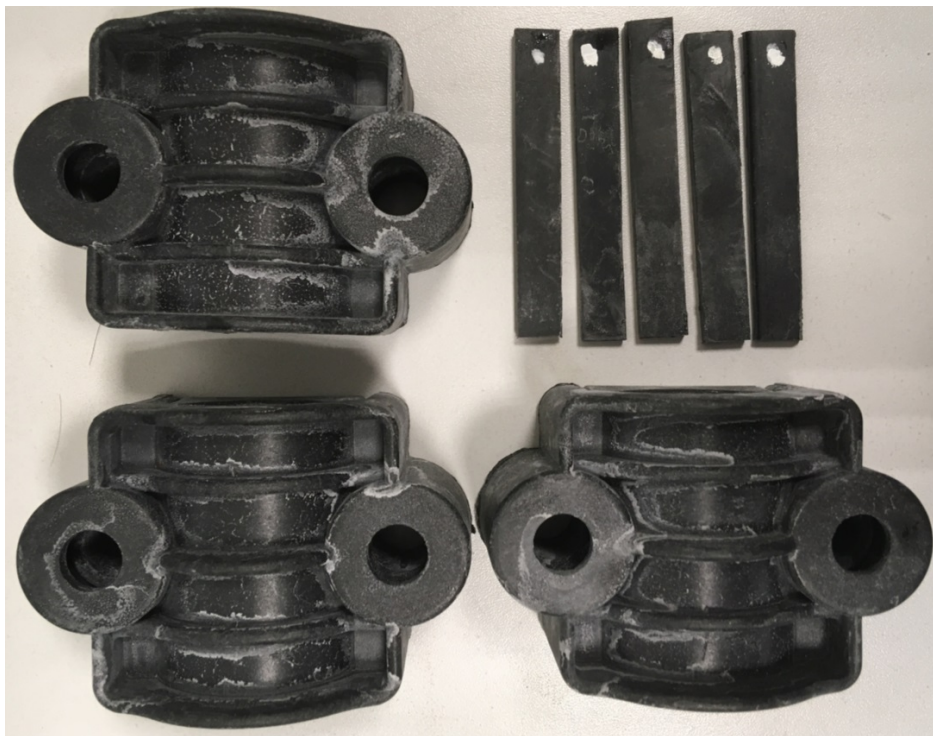


Рисунок 7.1. Вид образцов после 175 дней климатических испытаний



Рисунок 7.2. Вид элементарного образца при испытаниях на трехточечный изгиб



Рисунок 7.3. Вид кабельного хомута при испытании на прочность

Таблица 7.1. Результаты испытаний элементарных образцов на трехточечный изгиб в нулевой контр. точке

| Образец № | Ширина, мм | Толщина, мм | Момент сопротивления сечения, мм ³ | Максимальная нагрузка, кН | Максимальное напряжение изгиба, МПа |
|---|------------|-------------|---|---------------------------|-------------------------------------|
| 1.0 | 10,52 | 3,53 | 21,85 | 0,328 | 187,7 |
| 2.0 | 10,24 | 3,87 | 25,56 | 0,357 | 174,6 |
| 3.0 | 10,50 | 3,82 | 25,54 | 0,332 | 162,5 |
| 4.0 | 10,36 | 3,55 | 21,76 | 0,316 | 181,5 |
| 5.0 | 10,94 | 3,98 | 28,88 | 0,450 | 194,8 |
| Среднее значение прочности | | | | | 180,2 |
| Стандартное отклонение | | | | | 12,4 |
| Полуширина 95% доверительного интервала | | | | | 15,4 |

Таблица 7.2. Результаты испытаний элементарных образцов на трехточечный изгиб в первой контр. точке

| Образец № | Ширина, мм | Толщина, мм | Момент сопротивления сечения, мм ³ | Максимальная нагрузка, кН | Максимальное напряжение изгиба, МПа |
|---|------------|-------------|---|---------------------------|-------------------------------------|
| 1.1 | 10,80 | 3,58 | 23,07 | 0,236 | 127,9 |
| 2.1 | 10,82 | 3,62 | 23,63 | 0,247 | 130,7 |
| 3.1 | 10,48 | 4,11 | 29,50 | 0,315 | 133,5 |
| 4.1 | 11,49 | 3,57 | 24,41 | 0,248 | 127,0 |
| 5.1 | 10,35 | 3,56 | 21,86 | 0,219 | 125,2 |
| Среднее значение прочности | | | | | 128,9 |
| Стандартное отклонение | | | | | 3,3 |
| Полуширина 95% доверительного интервала | | | | | 4,1 |
| Деградация прочности относительно нулевой контрольной точки | | | | | 28,5% |

Таблица 7.3. Результаты испытаний элементарных образцов на трехточечный изгиб во второй контр. точке

| Образец № | Ширина, мм | Толщина, мм | Момент сопротивления сечения, мм ³ | Максимальная нагрузка, кН | Максимальное напряжение изгиба, МПа |
|---|------------|-------------|---|---------------------------|-------------------------------------|
| 1.2 | 11,24 | 3,62 | 24,55 | 0,232 | 118,1 |
| 2.2 | 10,45 | 3,95 | 27,17 | 0,247 | 113,6 |
| 3.2 | 10,77 | 3,93 | 27,72 | 0,251 | 113,2 |
| 4.2 | 11,23 | 3,61 | 24,39 | 0,222 | 113,8 |
| 5.2 | 11,10 | 3,81 | 26,85 | 0,246 | 114,5 |
| Среднее значение прочности | | | | | 114,6 |
| Стандартное отклонение | | | | | 2,0 |
| Полуширина 95% доверительного интервала | | | | | 2,5 |
| Деградация прочности относительно нулевой контрольной точки | | | | | 36,4% |

Таблица 7.4. Результаты испытаний элементарных образцов на трехточечный изгиб в третьей контр. точке

| Образец № | Ширина, мм | Толщина, мм | Момент сопротивления сечения, мм ³ | Максимальная нагрузка, кН | Максимальное напряжение изгиба, МПа |
|---|------------|-------------|---|---------------------------|-------------------------------------|
| 1.3 | 10,13 | 3,75 | 23,74 | 0,237 | 124,8 |
| 2.3 | 10,56 | 4,20 | 31,05 | 0,204 | 82,1 |
| 3.3 | 10,50 | 4,21 | 31,02 | 0,270 | 108,8 |
| 4.3 | 10,42 | 4,27 | 31,66 | 0,283 | 111,7 |
| 5.3 | 10,54 | 3,93 | 27,13 | 0,256 | 117,9 |
| Среднее значение прочности | | | | | 109,1 |
| Стандартное отклонение | | | | | 16,3 |
| Полуширина 95% доверительного интервала | | | | | 20,2 |
| Деградация прочности относительно нулевой контрольной точки | | | | | 39,5% |

Таблица 7.5. Результаты испытаний кабельных хомутов на прочность

| Контрольная точка | Образец № | Максимальная разрушающая нагрузка, кН |
|---|-----------|---------------------------------------|
| 0 (до климатических испытаний) | 1.0 | 10,815 |
| | 2.0 | 10,605 |
| | 3.0 | 11,144 |
| Среднее значение, кН | | 10,855 |
| Стандартное отклонение | | 0,272 |
| Полуширина 95% доверительного интервала | | 0,675 |
| | | |
| 1 (56 дней климатических испытаний) | 1.1 | 10,299 |
| | 2.1 | 11,604 |
| | 3.1 | 8,830 |
| Среднее значение, кН | | 10,244 |
| Стандартное отклонение | | 1,388 |
| Полуширина 95% доверительного интервала | | 3,448 |
| Деградация прочности относительно нулевой контрольной точки | | 5,8% |
| | | |
| 2 (112 дней климатических испытаний) | 1.2 | 10,971 |
| | 2.2 | 9,049 |
| | 3.2 | 10,098 |
| Среднее значение, кН | | 10,039 |
| Стандартное отклонение | | 0,962 |
| Полуширина 95% доверительного интервала | | 2,391 |
| Деградация прочности относительно нулевой контрольной точки | | 7,5% |
| | | |
| 3 (175 дней климатических испытаний) | 1.3 | 9,979 |
| | 2.3 | 10,618 |
| | 3.3 | 9,120 |
| Среднее значение, кН | | 9,906 |
| Стандартное отклонение | | 0,752 |
| Полуширина 95% доверительного интервала | | 1,867 |
| Деградация прочности относительно нулевой контрольной точки | | 8,7% |

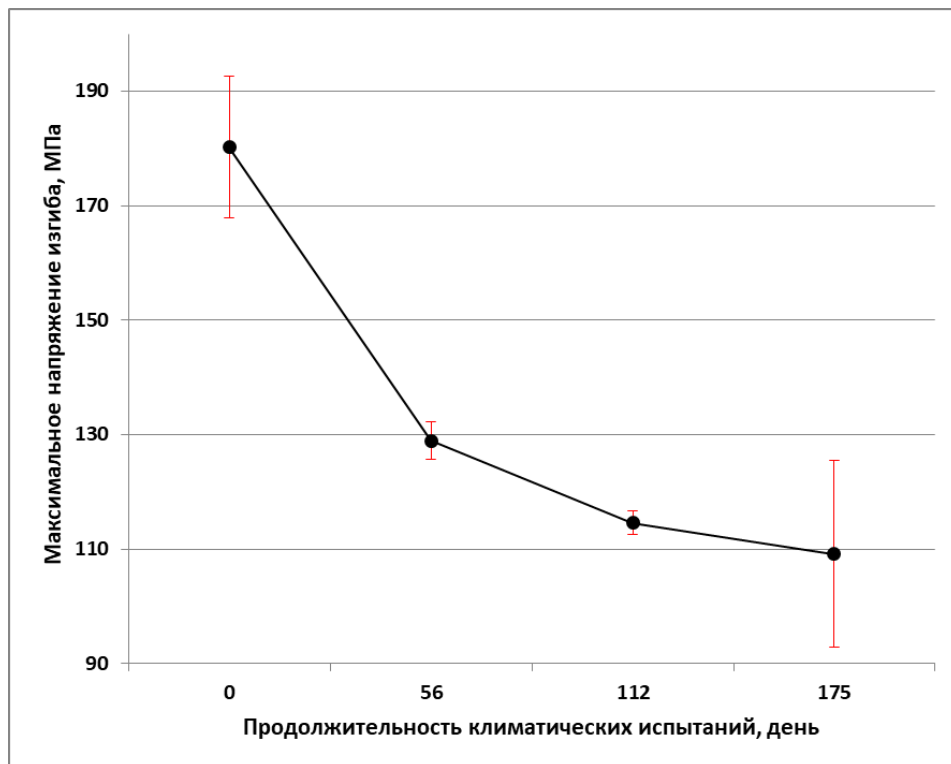


Рисунок 7.4. Диаграмма изменения прочности элементарных образцов при испытании на трехточечный изгиб в зависимости от продолжительности климатического воздействия (показаны стандартные отклонения)

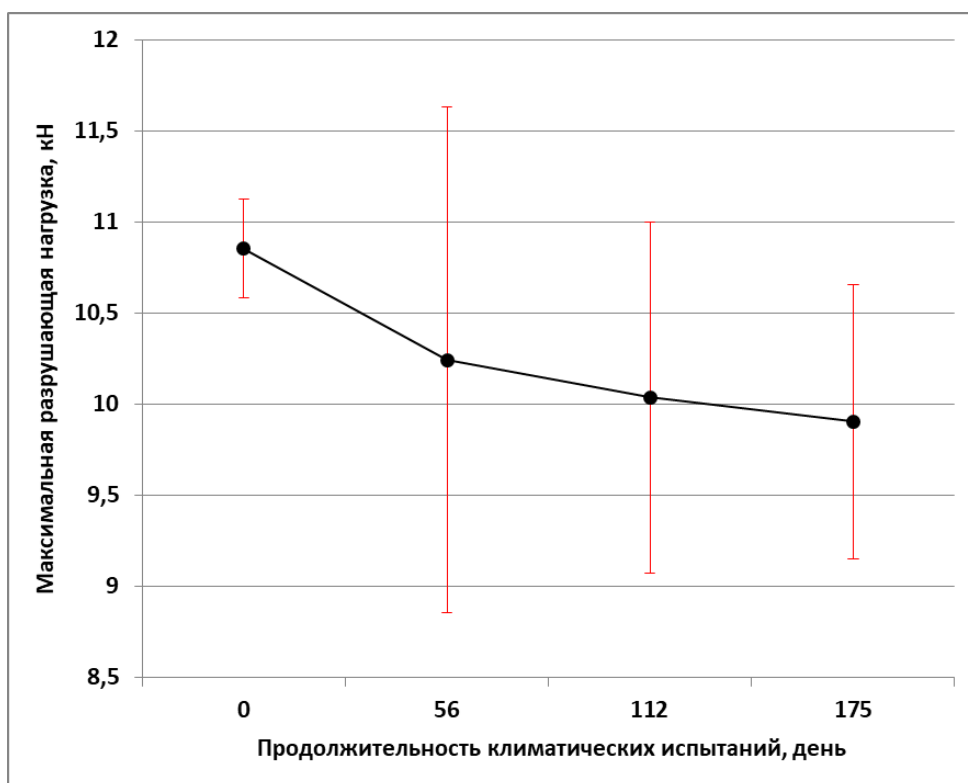


Рисунок 7.5. Диаграмма изменения прочности кабельных хомутов в зависимости от продолжительности климатического воздействия (показаны стандартные отклонения)

8. Заключение

Методики испытаний, объекты испытаний, ход выполнения работ, используемое оборудование и результаты испытаний оформлены в протоколы испытаний, которые являются неотъемлемой частью данного Научно-технического отчета:

- ПРОТОКОЛ № ИЛ «ИК ЦТО» / 734-2019 от «28» февраля 2019 г. – «Определение устойчивости к влиянию атмосферной коррозии типа C5-M и Im2 по ISO 20340 стеклопластиковых кабельных хомутов».

- ПРОТОКОЛ № ИЛ «ИК ЦТО» / 735-2019 от «28» февраля 2019 г. – «Определение устойчивости к влиянию атмосферной коррозии C5-M и Im2 по ISO 20340 элементарных образцов материала стеклопластиковых кабельных хомутов».

8.1. Результаты, полученные в ходе выполнения работ

В ходе выполнения работы «Определение устойчивости материала кабельных хомутов и элементарных образцов к влиянию атмосферной коррозии категории C5-M и Im2 по ISO 20340» испытательной лабораторией ООО «ИК ЦТО» были получены следующие результаты:

8.1.1. Построены графики зависимости механических свойств материала (трехточечный изгиб и растяжение) от продолжительности климатических испытаний для элементарных образцов и кабельных хомутов производства ООО «Формкомполит» типа ФК 1x25-40 согласно ТУ 27.33.13-001-32803953-2018

8.1.2. Выявлена степень деградации материала в процессе климатических испытаний. Самую низкую стойкость продемонстрировали элементарные образцы, лучшую – кабельные хомуты.

8.1.3. В процессе климатических испытаний на образцах наблюдалось образование белого налета на поверхности.

8.1.4. Предположительно основным разрушающим фактором для элементарных образцов материала и материала кабельных хомутов является ультрафиолетовое излучение.

8.1.5. Согласно построенным диаграммам изменения прочности образцов в зависимости от продолжительности климатического воздействия при увеличении продолжительности климатических воздействий для всех типов образцов наблюдается последовательное снижение прочности с первой до последней контрольной точки измерения механических свойств.

8.1.6. Для всех типов образцов не выявлено случая наступления согласованного с Заказчиком критерия отказа: падения механических свойств более чем на 40% в любой из контрольных точек от механических свойств образцов, измеренных до климатического воздействия.

8.1.7. Получена удовлетворительная устойчивость материала стеклопластиковых кабельных хомутов тип ФК 1x25-40 согласно ТУ 27.33.13-001-32803953-2018 производства ООО «Формкомполит» к влиянию атмосферной коррозии категории типа C5-M и Im2 по ISO 20340. С учетом использованного критерия отказа (падения измеряемых механических свойств хотя бы 1 образца из партии более чем на 40% на любой из контрольных точек от исходного состояния), показано соответствие требованиям стойкости материалов к атмосферной коррозии категории C5-M и Im2 по ISO 20340 материалов кабельных хомутов тип ФК 1x25-40 согласно ТУ 27.33.13-001-32803953-2018 производства ООО «Формкомполит».

8.2. Заключение, сделанные на основании полученных результатов

На основании результатов, полученных в ходе испытаний материала кабельных хомутов и элементарных образцов материала на влияние атмосферной коррозии категории типа C5-M и Im2 по ISO 20340, были сделаны следующие заключения:

8.2.1. Ввиду того, что в испытуемых элементарных образцах и кабельных хомутах, тип ФК 1x25-40 согласно ТУ 27.33.13-001-32803953-2018, при изготовлении использовался один и тот же материал и одна и та же технология, то условие соответствия к влиянию атмосферной коррозии категории типа C5-M и Im2 по ISO 20340 распространяется на все изделия из ТУ 27.33.13-001-32803953-2018, кабельные хомуты: ФК 1x11-25, ФК 1x25-40, ФК 1x40-60, ФК 1x60-90, ФК 1x90-115, ФК 1x115-140, ФК(В) 1x11-25, ФК(В) 1x25-40, ФК(В) 1x40-60, ФК(В) 1x60-90, ФК(В) 1x90-115, ФК(В) 1x115-140, ФК 3x25-45, ФК 3x40-60, ФК 3x50-75, ФК 3x75-100, ФК 3x100-120, ФК(В) 3x25-45, ФК(В) 3x40-60, ФК(В) 3x50-75, ФК(В) 3x75-100, ФК(В) 3x100-120, изготовленные согласно ТУ методом литья под давлением из материала стеклонаполненный полиамид марки ПА6.

8.2.2. Оценка прогнозируемого срока службы изделий из стеклонаполненного полиамида марки ПА6, согласно ТУ 27.33.13-001-32803953-2018, производства ООО «Формкомпозит», полученная на основе длительности проведенных лабораторных испытаний (4200 часов), равна 21 году.

9 Приложение 1. Аттестат и область аккредитации испытательной лаборатории ООО «ИК ЦТО»



**Межгосударственный авиационный комитет
Авиационный регистр МАК**

**АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ
ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ (ЦЕНТРА)
Certificate of Accrediting the Test Laboratory (Center)**

№ ИЛ — 135

*Действителен до « 10 » апреля 2022 года
Valid till*

**Настоящий Аттестат аккредитации удостоверяет, что
This Certificate certifies that**

**Лаборатория механических и климатических испытаний образцов, материалов
и компонентов авиационной техники ООО «Исследовательский Комплекс
Центра Технического Обеспечения»**
*(Наименование испытательной лаборатории/центра /Name of the Test Laboratory (Center)
ул. Инженерная, 20, г. Новосибирск, 630090
Address the Test Laboratory (Center)*

**аккредитована в качестве технически компетентной испытательной лаборатории.
Соответствует требованиям ИАЛ – 94 и ГОСТ ИСО/МЭК 17025
is accredited as a technically competent Test Laboratory.
It complies with IAL – 94 and GOST ISO/IEC 17025 requirements**

**Область аккредитации установлена
приложением к настоящему Аттестату.
The Scope of accrediting is specified in the Attachment to this Certificate**



**Заместитель Председателя
Авиационного регистра МАК –
Руководитель Службы сертификации и
аккредитации организаций
IAC AR Vice Chairman-Head of organization certification
and accreditation**



**С.П. Инструментов
И.О. Фамилия
Name**

*Зарегистрировано
в Регистре Авиарегистра МАК
Registered
№ ИЛ – 135
« 10 » апреля 2017 г.*

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Председателя

Авиарегистра МАК -
Руководитель Службы сертификации
и аккредитации организаций



С.П. Инструментов

Зарегистрировано

в Реестре Авиарегистра МАК

№ ИЛ - 135
от « 10 » апреля 2017 г.

ОБЛАСТЬ АККРЕДИТАЦИИ

Лаборатории механических и климатических испытаний образцов, материалов и компонентов авиационной техники

ООО «Исследовательский Комплекс Центра Технологического Обеспечения»

(Приложение к Аттестату аккредитации № ИЛ - 135 от « 10 » апреля 2017 г.)
630090, г. Новосибирск, ул. Инженерная, 20

| Наименование объектов испытаний | Наименование испытаний и (или) определяемых характеристик (параметров) | Обозначение нормативной документации, на продукцию, содержащую значения определяемых характеристик | Обозначение нормативной документации, на методы испытаний |
|--|--|--|---|
| <p>1</p> <p>1. Авиационные материалы, в том числе: алюминийевые, титановые и никель-хромовые сплавы, стали, нити, полимерные и композиционные материалы, пластмассы</p> | <p>2</p> <p>1. Прочностные испытания для определения механических характеристик:</p> <ul style="list-style-type: none"> - при растяжении, сжатии, кручении при нормальной, повышенной и пониженной температуре и влажности; - при хрупком и вязком разрушении; - при мало- и многоцикловом, простом, блочном и квазислучайном нагружении; - при определении демпфирующих свойств; - при определении микротвердости. | <p>3</p> <p>Авиационные правила: АП-21, АП-23, АП-25, АП-27, АП-29, АП-33, АП-35;</p> <p>Нормы летной годности самолетов и вертолетов: НЛГС, НЛГВ;</p> <p>Квалификационные требования: КТ-160Д; RTCA/DO-160F, 160G;</p> <p>Директивные письма, руководства, циркуляры и другие нормативные документы Авиарегистра МАК;</p> <p>НД на продукцию (ГОСТы, ОСТы, ТУ, ASTM, ISO, EN);</p> | <p>4</p> <p>Авиационные правила: АП-21, АП-23, АП-25, АП-27, АП-29, АП-33, АП-35;</p> <p>МОС НЛГС, МОС НЛГВ, РДК</p> <p>Директивные письма, циркуляры, нормативные, методические и другие документы Авиарегистра МАК,</p> <p>Квалификационные требования: КТ-160Д; RTCA/DO-160F, 160G;</p> <p>НД на методы испытаний (ГОСТы, ОСТы, ТУ, ASTM, ISO, EN);</p> |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--|---|--|
| <p>1</p> <p>2. Образцы, узлы, соединения, агрегаты, приборы и оборудование самолетов и вертолетов.</p> | <p>2. Испытания на светостойкость и атмосферостойкость.</p> <p>3. Климатические испытания при воздействии повышенных и пониженных температуры и влажности.</p> <p>4. Испытания на воздействие соляного, кислого и щелочного тумана.</p> <p>5. Испытания на воздействие вибрации и удара.</p> <p>6. Огневые испытания</p> <p>-огнестойкость и огнеупорность, в том числе при воздействии вибрации и воздушного потока.</p> <p>-определение группы горючести;</p> <p>-определение группы воспламеняемости;</p> <p>-определение минимального теплового потока поддержания горения</p> <p>- определение параметров дымообразования.</p> <p>7. Стендовые испытания РВД/трубопроводов на воздействие внутреннего давления, перепадов давления, коррозии, эрозии, повышенной и пониженной температуры.</p> <p>8. Определение химического состава;</p> <p>9. Коррозионные испытания;</p> <p>10. Испытания на молниестойкость;</p> <p>11. Металлографический анализ;</p> <p>12. Фрактографический анализ</p> <p>13. Испытания покрытий на истираемость;</p> <p>14. Испытания на пылевлагозащитенность</p> <p>15. Испытания на ударный изгиб;</p> <p>16. Испытания на теплопроводность и теплоемкость;</p> <p>17. Испытания на заброс крупной птицы.</p> | <p>Авиационные правила: АП-21, АП-23, АП-25, АП-27, АП-29, АП-33, АП-35;</p> <p>Нормы летной годности самолетов и вертолетов: НЛГС, НЛГВ; ГОСТ 32659-2014, ГОСТ 32658-2014, ГОСТ 32657-2014</p> <p>Квалификационные требования: КТ-160Д; RTCA/DO-160F, 160G; Директивные письма, руководства, циркуляры и другие нормативные документы</p> <p>Авиарегистра МАК; НД на продукцию (ГОСТы, ОСТы, ТУ, ASTM, ISO, EN);</p> | <p>Авиационные правила: АП-21, АП-23, АП-25, АП-27, АП-29, АП-33, АП-35;</p> <p>МОС НЛГС, МОС НЛГВ, РДК</p> <p>Директивные письма, циркуляры, нормативные, методические и другие документы Авиарегистра МАК, Квалификационные требования: КТ-160Д;</p> <p>Авиационный справочник. RTCA/DO-160F, 160G; НД на методы испытаний (ГОСТы, ОСТы, ТУ, ASTM, ISO, EN);</p> |



А.Э. Рязанцев

Генеральный директор ООО «ИК ЦТО»
Руководитель Лаборатории механических и климатических испытаний образцов, материалов и компонентов авиационной техники