



Улучшение процесса испытаний на герметичность современными методами управления качеством

**М.В. Высоцкая**

аспирант института авиационной техники Самарского национального исследовательского университета им. ак. С.П. Королева; г. Самара
e-mail: Manya_93@mail.ru

**Д.В. Хрящева**

студент магистратуры института авиационной техники Самарского национального исследовательского университета им. ак. С.П. Королева; г. Самара

**С.И. Орлова**

студент магистратуры института авиационной техники Самарского национального исследовательского университета им. ак. С.П. Королева; г. Самара

**В.Н. Цыман**

студент магистратуры института авиационной техники Самарского национального исследовательского университета им. ак. С.П. Королева; г. Самара

**И.В. Русских**

инженер по качеству АО «Самарская Кабельная Компания»; г. Самара

**М.А. Шуршев**

заместитель начальника цеха АО РКЦ «Прогресс»; г. Самара

Аннотация. Сертификация – одна из эффективных форм обеспечения качества и повышения конкурентоспособности продукции на внутреннем и внешнем рынках. При сертификации системы менеджмента качества весомым преимуществом в конкурентной борьбе являются методы и подходы (QFD, FMEA, MSA, робастное проектирование), обеспечивающие еще на этапе разработки технологии изготовления устойчивость изделий к воздействующим факторам. Появляется возможность применения таких методов при испытаниях и сертификации

продукции, отвечающей требованиям и ожиданиям потребителей с оптимальным сочетанием характеристик продукции и издержек на ее изготовление и испытание.

В статье рассмотрены инструменты улучшения качества процесса испытания на герметичность шланга системы жизнеобеспечения изделия 12КСМ.

Ключевые слова: испытательная система, герметичность, качество, требования, продукция, анализ, герметичность, предупреждение риска, робастное проектирование, сертификация, QFD, FMEA, MSA.

Введение

Летательные аппараты принадлежат к сложным техническим системам, отказы которых зачастую приводят к тяжелым последствиям. Сертификация – одна из наиболее эффективных форм обеспечения качества изделий сложной техники [1]. Сертификация – это процедура подтверждения третьей независимой стороной, т.е. организацией, независимой от заинтересованных сторон (изготовителей, исполнителей, продавцов и потребителей), соответствия должным образом идентифицированной продукции, процесса или услуги конкретному стандарту или другому нормативному документу. При этом формы и методы сертификации сложных изделий отличаются от традиционных подходов, применяемых при сертификации более простой продукции.

Производство любой продукции базируется на стабильности технологических процессов, подтверждением которых служат статические и динамические испытания продукции с максимальным приближением к реальным условиям эксплуатации. Статические испытания в большей степени характеризуют свойства материала, а динамические – обоснованность выбранных параметров конструкций и технологий [7].

Важную роль в сертификации играют эксплуатационные испытания, так как на этом этапе предоставляется возможность подтвердить соответствие тем требованиям, которые должны оцениваться в условиях, максимально приближенных к реальной эксплуатации. Основными методами оценки соответствия при сертификации являются измерение, испытания и контроль, которые должны проводиться в аккредитованной лаборатории с аттестованным испытательным оборудованием.

Целесообразно для повышения эффективности сертификации использовать современные инструменты и методы управления качеством, такие как: FMEA, QFD, MSA, робастное проектирование.

FMEA – «Анализ видов и последствий потенциальных несоответствий». Позволяет оценить риски и возможный ущерб, вызванный несоответствиями конструкции и технологических процессов на ранней стадии проектирования и создания готового изделия или

комплектующих. Подразделяется на: PFMEA – выявление потенциальных несоответствий процесса и DFMEA – выявление потенциальных несоответствий конструкции [5].

QFD – «Метод развертывания функции качества». Обеспечивает высокое качество создаваемой продукции на каждом этапе жизненного цикла с гарантией получения конечного результата, соответствующего требованиям и ожиданиям потребителя [3].

MSA – «Анализ измерительных систем». Используется для получения соответствия результата измерения. Помогает минимизировать риск того, что в случае несоответствия измерительной системы последуют ошибочные решения или процесс может стать нерегулируемым [6].

Робастное проектирование – это подход, заключающийся в усовершенствовании изделия: создание выходных характеристик изделия, нечувствительного к переменам окружающей среды, деградации изделия и несовершенствам производства. Усовершенствование проектирования изделия и процесса его производства позволяет уменьшить затраты на производство и эксплуатацию изделия [3].

Объект исследования

Объектом исследования в представляемой работе является процесс испытания на герметичность шланга системы жизнеобеспечения изделия 12КСМ. Испытания проводятся на пневматическом пульте ВК 70209-398А. Принципиальная схема пульта приведена на рис. 1.

Целью испытаний является проверка качества заделки резиновых рукавов в концевую арматуру воздействием нагрузок, предусмотренных эксплуатационными факторами, воспроизводимыми с учетом возможностей испытательного оборудования,

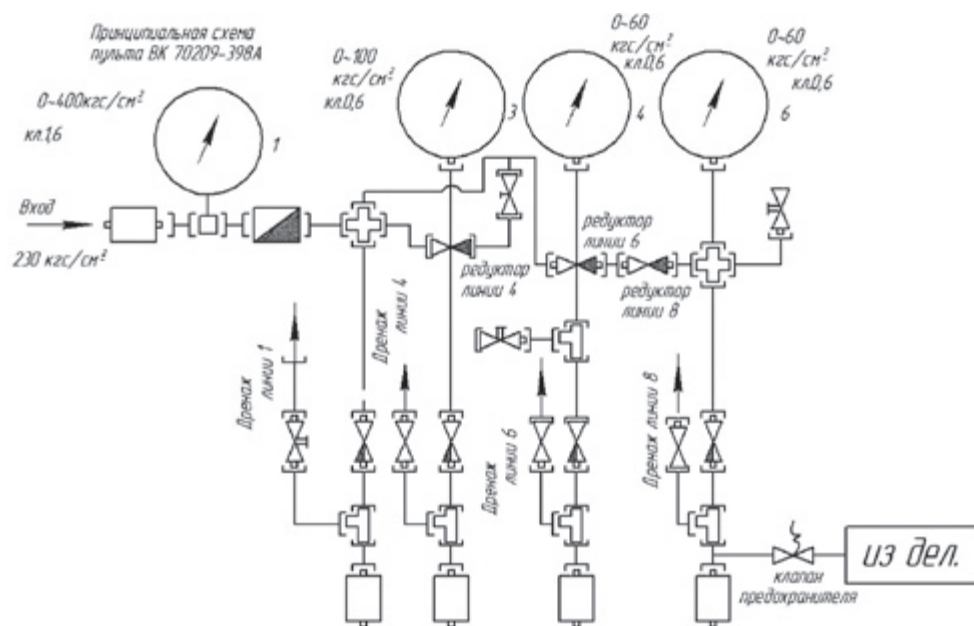


Рис. 1. Принципиальная схема пульта ВК 70209-398А

а также оценка надежности объекта испытаний по результатам испытаний.

Объектом испытаний является шланг системы жизнеобеспечения изделия 12КСМ, представленный на рис. 2. Конструкция шланга состоит из заделки (ниппель и гильза) и рукава 2К7-30, поставляемого по ТУ 38.0051515-92. Элементы заделки шланга подвержены наибольшей нагрузке, так как на них воздействует наибольшая свободная масса рукава 2К7-30. Шланг устанавливается на внешней поверхности космического аппарата на кабель-мачте и служит для подачи кислорода внутрь космического аппарата из баллонов с кислородом.



Рис. 2. Шланг системы обеспечения жизнедеятельности

Методика проведения испытаний определяет требования к ним.

1. Перед каждым испытанием:

- осмотреть шланги на отсутствие механических повреждений и загрязнений;
- в случае наличия влаги на шлангах произвести их сушку.

2. После каждого испытания шланги необходимо полностью осушить и хранить заглушенными. Осушку производить продувкой воздухом до полного удаления влаги.

3. При монтаже шлангов в приспособление для испытаний затяжку накидных гаек стыков производить на 1,0...1,5 грани от упора, не допускается скручивание шлангов вокруг оси. Стыки уплотнить прокладками.

4. Испытать шланг на герметичность сжатым воздухом давлением $(3,45 \pm 0,15)$ МПа $[(35 \pm 1,5) \text{ кгс/см}^2]$ в течение 5 минут под водой с предварительной выдержкой 10 мин по ОСТ 92-4291-75. Негерметичность не допускается (не допускается появление пузырьков воздуха из шланга в воде и падение давления по манометру).

5. Применяемые при испытаниях необходимые средства измерения должны быть поверены, испытательное оборудование аттестовано.

Применение метода QFD для выявления основных требований и параметров процесса «испытание на герметичность»

Цель развертывания функций качества (Quality Function Deployment, QFD) – обеспечение такого качества создаваемой продукции на каждом этапе жизненного цикла, которое гарантировало бы по-

лучение конечного результата, соответствующего требованиям и ожиданиям потребителя [2].

Технология QFD включает в себя 4 фазы (уровня): план качества продукта (фаза 1), план качества компонентов продукта (фаза 2), план качества процесса (фаза 3), план качества операций (фаза 4), на каждой из которых применяется матричная диаграмма особого вида – «Дом качества». «Дом качества» является элементом технологии развертывания функций качества (Quality Function Deployment, QFD) [3].

Для выявления требований, предъявляемых к качеству процесса и операций, понадобятся третий и четвертый уровень QFD методологии. Для QFD третьего уровня необходимо определить требования к испытательной системе и этапы процесса «проведения испытаний на герметичность».

Требования к испытательной системе.

1. Проверка качества заделки резиновых рукавов в концевую арматуру воздействием нагрузок, предусмотренных эксплуатационными факторами, воспроизводимыми с учетом возможностей испытательного оборудования.

2. Оценка надежности объекта испытаний по результатам испытаний.

3. Безопасность проведения испытания.

4. Сохранность годных изделий.

5. Наличие инструкции на рабочем месте.

6. Высокая производительность (максимальное количество испытаний за день).

7. Эргономичность проведения испытаний.

Структура требований к испытательной системе в соответствии с моделью Кано, представлена на рис. 3.

Модель Кано – метод, используемый для оценки реакции потребителей на отдельные характеристики продукции. Полученные с его помощью результаты позволяют управлять удовлетворенностью и лояльностью потребителей (внутренних потребителей – цехов потребителей).

Этапы процесса «испытания на герметичность».

1. Установить шланги в оснастку и подсоединить к пневмопульту.

Заглушить шланги.

2. Дать в шланги давление сжатым воздухом $P = 0,5 \text{ кгс/см}^2$.

Поместить шланги в бронебанну с водой.

3. Повышать давление в шлангах до 36 кгс/см^2 .

Выдерживать под давлением не менее 10 минут.

4. Проверить на герметичность места заделки и стенки шланга в течение 5 минут. Негерметичность не допускается (Признаки негерметичности – пузырьки воздуха в растворе хром-пика или падение давления по манометру).

5. Сбавить давление до $0,5 \text{ кгс/см}^2$.

6. Вынуть шланги из бронебанны.

Сбавить давление до 0 кгс/см^2 .

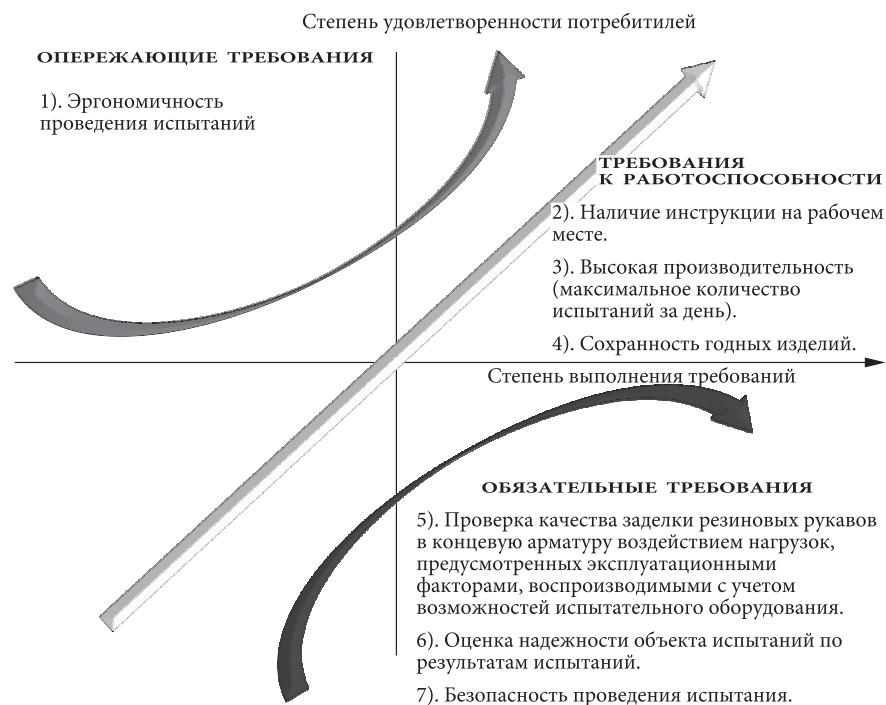


Рис. 3. Требования к испытательной системе по модели Кано

7. Отсоединить шланги от пневмопульты. Снять со шлангов заглушки и кассету.
8. Продуть шланг сжатым воздухом $P = 10 \text{ кгс/см}^2$ до полного удаления влаги.
9. Отразить результат испытания.
10. Установить технологические заглушки на шланг. В табл. 1 представлен QFD третьего уровня. В результате проведенного QFD третьего уровня определены ключевые операции и параметры процесса «испытания на герметичность».
 1. Выдержать под давлением не менее 10 минут (14,5%).
 2. Отразить результат испытания в листе отметок испытания (11,5%).
 3. Установить шланги в оснастку и подсоединить к пневмопульту (10,6%).

Для QFD четвертого уровня проводятся операции к процессу «испытания шланга на герметичность».

Вспомогательные требования к «испытанию на герметичность» для объекта шланга системы жизнеобеспечения изделия 12КСМ представлены во втором разделе «Объект исследования».

В табл. 2 представлен QFD четвертого уровня.

На основании матричной диаграммы QFD позволяет понять ключевые операции, влияющие на работоспособность продукции, качество изделия и параметры процесса «испытания на герметичность».

Анализ видов и последствий потенциальных несоответствий конструкции шланга системы жизнеобеспечения изделия 12КСМ

Анализ видов и последствий потенциальных несоответствий процесса (табл. 3) (Process

Failure Mode and Effects Analysis, PFMEA) – метод, целью применения которого является улучшение процесса на основе анализа потенциальных несоответствий процесса с количественным анализом последствий и причин несоответствий.

Качественное проведение FMEA-анализа на этапе проектирования продукции обеспечивает возможность с самого начала создавать продукт, не имеющий дефектов и недостатков. Данный метод позволяет анализировать возможные риски и предотвращать их до момента производства [4].

Проведем FMEA-анализ для конструкции шланга системы жизнеобеспечения изделия 12КСМ. Выделив основным и единственным потенциальным несоответствием разгерметизацию элементов конструкции, обозначим четыре причины возникновения несоответствия: плохую обжимку гильзы, коррозию металла гильзы, дефекты изготовления гильзы, несоответствие шланга требованиям ГОСТ 18698-79.

По результатам FMEA-анализа проводятся действия по предупреждению риска. В случае эффективной работы показатель ПЧР (приоритетное число риска) будет значительно уменьшаться в сравнении с данными первоначального анализа. На примере данного испытательного стенда можно наблюдать, что показатель ПЧР может быть уменьшен благодаря предпринятым действиям (табл. 3).

MSA (анализ измерительных систем)

Для проведения оценки надежности процесса испытаний на герметичность следует применить метод анализа измерительных систем (MSA). Измерительная система – это совокупность операций, процедур, приборов, программного обеспечения, персонала и других факторов, применяемая для присваивания количественных значений измеряемыми параметрами [5].

Для проведения анализа измерительной системы по атрибутивному признаку мы отобрали 20 образцов готовой продукции, представляющих полный спектр отклонений, возникающих в реальном производстве. Далее мы выбрали двух контролеров. Во время работы каждому контролеру по два раза в разное время его смены подаем на контроль отобранный шланг системы жизнеобеспечения изделия, и он записывает свое решение о пригодности

Таблица 1.

QFD третьего уровня для «испытания на герметичность»

Raw	Max Relationship Value In Row	Relative Weight	Weight/Importance	Demanded Quality (a.k.a. «Customer Requirements» or «Whats»)	Quality Characteristics (a.k.a. «Functional Requirements» or «Hows»)	1. 1. Установить шланги в оснастку и подсоединить к пневмоуплыву	1. 2. Заглушить шланги	2. 1. Дать в шланги давление сжатым воздухом 0,5 кгс/см ²	2. 2. Поместить шланги в броневакнну с водой	3. 1. Повысить давление в шлангах до 36 кгс/см ²	3. 2. Выдержать под давлением не менее 10 минут	4. Проверить на герметичность места заделки и стенки – 5 минут	5. Сравнить давление до 0,5 кгс/см ²	6. 1. Вынуть шланги из броневакнны	6. 2. Сравнить давление до 0 кгс/см ²	7. 1. Отсоединить шланги от пневмоуплыва	7. 2. Снять со шлангов заглушки и кассету	8. Продуть шланг сжатым воздухом 10 кгс/см ² до полного удаления влаги	9. Отразить результаты испытаная	10. Установить технические заглушки на шланг
1	9	18,5	10,0	Проверка качества заделки резиновых рукавов в концевую арматуру воздействием нагрузок	О	О	О			О	О	О			О			О		
2	9	18,5	10,0	Оценка надежности объекта испытаний по результатам испытаний		О	О			О	О	О			О			О		
3	9	18,5	10,0	Безопасность проведения испытаний	О	О	О				О	О				О		О		
4	9	14,8	8,0	Сохранность проведенных испытаний	О	О	О	О			О	О					О	О		
5	9	13,0	7,0	Наличие инструкции на рабочем месте	О	О	О	О			О	О					О	О		
6	9	11,1	6,0	Высокая производительность (максимальное количество испытаний за день)				О											О	
7	9	5,6	3,0	Эргономичность проведения испытаний	О	О	О									О				
8																				
9																				
10																				
Target or Limit Value																				
Difficulty (0 – Easy To Accomplish, 10 – Extremely Difficult)																				
Max Relationship Value in Column				9	3	9	3	9	3	9	9	9	9	9	3	9	9	9	9	9
Weight/Importance				370,4	55,6	250,0	33,3	166,7	250,0	505,6	7,2	7,2	250,0	16,7	300,0	216,7	179,6	300,0	400,0	185,2
Relative Weight				10,6	1,6	7,2	1,0	4,8	1,0	14,5	7,2	7,2	7,2	0,5	8,6	6,2	5,2	8,6	11,5	5,3

Таблица 2.

QFD четвертого уровня для процесса проверки герметичности шланга

Row	Max Relationship Value In Row	Relative Weight	Weight/Importance	Quality Characteristics (a.k.a. «Whats»)	Осмотреть шланги на отсутствие механических повреждений и загрязнений	В случае наличия влаги на шлангах произвести их сушку	После каждого вида испытаний шланги должны быть полностью осушены	Шланги должны храниться полностью заглушенными	Осушку производить продувкой воздухом до полного удаления влаги	Накидку гаек производить на 1,0...1,5 грани от упора	Испытывать сжатым воздухом давлением (3,45 ± 0,15) МПа (35 ± 1,5) кгс/см ²	Испытывать в течение 5 минут под водой с предвратительной выдержкой 10 минут	Средства измерения проверки, испытательное оборудование аттестовано
1	9	10,6	370,4	<i>Demanded Quality (a.k.a. «Whats»)</i>	О	▲		▲			○		○
2	9	1,6	55,6	1.1. Установить шланги в оснастку и подсоединить к пневмопульту						○			
3	3	7,2	250,0	1.2. Заглушить шланги				○					
4	9	1,0	33,3	2.1. Дать в шланги давление сжатым воздухом 0,5 кгс/см ²	○						○		
5	9	4,8	166,7	2.2. Поместить шланги в броневанну с водой	○								
6	9	14,5	505,6	3.1. Повысить давление в шлангах до 36 кгс/см ²							○		
7	9	7,2	250,0	3.2. Выдержать под давлением не менее 10 минут								○	
8	9	7,2	250,0	4. Проверить на герметичность места заделки и стенки – 5 минут	▲							○	
9	9	0,5	16,7	5. Стравить давление до 0,5 кгс/см ²							○		
10	3	8,6	300,0	6.1. Вынуть шланги из броневанны									
11	1	6,2	216,7	6.2. Стравить давление до 0 кгс/см ²			○		○		▲		▲
12	9	5,2	179,6	7.1. Отсоединить шланги от пневмопульта									
13	9	8,6	300,0	7.2. Снять со шлангов заглушки и кассету									
14	9	11,5	400,0	8. Продуть шланг сжатым воздухом 10 кгс/см ² до полного удаления влаги		▲	○		○				
15	9	5,3	185,2	9. Отразить результат испытания					○		○	○	○
				10. Установить технологические заглушки на шланг									
<i>Target or Limit Value</i>										1,0...1,5	35±1,5 кгс/см ²	5, 10 минут	
<i>Difficulty (0 – Easy To Accomplish, 10 – Extremely Difficult)</i>													
<i>Max Relationship Value In Column</i>				9	1	9	9	9	9	3	9	9	9
<i>Weight/Importance</i>				69,3	19,3	103,5	25,0	206,9	204,4	229,9	205,5	205,5	205,5
<i>Relative Weight</i>				6,5	1,8	9,7	2,3	19,4	19,1	21,5	19,2	19,2	19,2

Таблица 3.

FMEA-анализ для технологического процесса испытаний шланга системы жизнеобеспечения изделия

Процесс Функция/ Требования	Потен- циальное несоответ- ствие	Послед- ствия потенци- ального несоответ- ствия	Знач. S	Потенциаль- ная причина или механизм несоответ- ствия	Возн. O	Действую- щие меры по обнару- жению проблем	Действу- ющие меры по предот- враще- нию	Обн. D	ПЧР	Рекомендуемое действие	Результаты действий					
											12	13	14	15	16	Новые баллы S O D ПЧР
1			4	5	6	7	8	9	10	11	Установле- на система сигнализации порогового давления на испытатель- ный стенд		10	6	2	120
Ключевые операции производственного процесса: 1. Повышать давление в шлангах до 36 кгс/см ² 2. Выдерживать под давлением не менее 10 минут	Давление повысили, но оно менее 36 кгс/см ²	Пузырьки не обна- ружены, шланг допущен до исполь- зования	10	На испы- тательном стенде не установлен манометр с ценной деле- ния 1 кгс/см ²	8	Контроль при помо- щи изме- рительных приборов	Контроль испыта- телем	7	560	Сигнализация порогового давле- ния при помощи манометра на этапе повышения давле- ния в шлангах						
	Давление превы- шает 36 кгс/см ²	Микро- трещины шланга увеличены в размерах	8	Не предумо- влен предо- хранитель высокого давления	7	Про- ведение дополни- тельного испытания	Повы- шение давления в шлангах до 30 кгс/см ²	8	448	Установить предо- хранитель высокого давления, который автоматически отключает систему повышения давления	Установлен предохрани- тель	8	5	5	200	
	Выдер- жали под давлением менее 10 минут	Микрокре- щины есть, но они не обнаруже- ны	8	Отсутствие секундомера на испы- тательном стенде	5	Визу- альный осмотр шланга после данных операций процесса	Контроль испыта- телем	7	280	Установка секундомера с сигналом, оповещающим по истечении 10 минут	Установлен секундомер	8	3	4	96	
	Выдер- жали под давлением более 10 минут	Износ материала шланга	6	Низкая ква- лификация контролера, халатность	5	Настройка процесса во время испытания	Напе- сение специ- ального покрытия	4	120	Установка секундомера с сигналом, оповещающим по истечении 10 минут	Установлен секундомер	6	2	4	48	
Испытательный процесс: 1. Температура воды в ванне должна быть не ниже 10 °С 2. Толщина слоя воды над верхней точкой объекта, находящегося под пробным давлением, должна быть не менее 200 мм	При ис- пытании пузырьки не обна- ружены	Шланг с дефектами допущен до эксплуа- тации	10	Температура в ванне мень- ше 10 °С	3	Контроль темпера- туры ис- пытания	Контроль испыта- телем	7	210	Разработать устройство сигнализации низкой темпе- ратуры	Установлено устройство сигнализации низкой темпе- ратуры	10	3	3	90	
				Толщина слоя воды над верхней точ- кой объекта менее 200 мм	4	Контроль толщины слоя ис- пытания	Контроль испыта- телем	7	280	Разработать устройства сигнализации недостаточной толщины слоя воды	Установлено устройство сигнализации недостаточ- ной толщины слоя воды	10	4	4	160	

Таблица 4.

Общая эффективность системы измерения

Образец	Реальное значение	Контролер 1.1	Контролер 1.2	Соответствие 1 и 2 осмотра	Соответствие реальному значению	Контролер 2.1	Контролер 2.2	Соответствие 1 и 2 осмотра	Соответствие реальному значению	Согласованность контролеров	Согласованность контролеров в соответствии с реальным значением
1	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Не годен	0	0	0	0
2	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
3	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
4	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
5	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
6	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
7	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
8	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
9	Не годен	Годен	Годен	1	0	Годен	Годен	1	1	1	0
10	Не годен	Не годен	Не годен	1	1	Не годен	Не годен	1	1	1	1
11	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
12	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
13	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
14	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
15	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
16	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
17	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
18	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Годен	1	1	1	1
19	Не годен	Не годен	Годен	0	0	Не годен	Не годен	1	1	0	0
20	Годен	Годен	Годен	1	1	Годен	Не годен	0	0	0	0
Согласованы				19	18	Согласованы				18	17
Осмотрены				20	20	Осмотрены				20	20
Процент согласия				95%	90%	Процент согласия				90%	85%
										80%	

образца. Истинное значение пригодности, количество образцов, а также количество «попыток» проконтролировать контролеру не сообщались. Один контролер провел испытание каждого шланга системы жизнеобеспечения изделия 2 раза. В итоге рабочий «проконтролировал» 40 шлангов системы жизнеобеспечения изделия.

Анализируя работу оператора, можно увидеть, прошел ли шланг системы жизнеобеспечения изделия проверку на годность два раза. Изначально годный шланг мог при любой из последующих проверок не пройти ее, или, наоборот, бракованный шланг мог попасть на этап сборки. Далее заполнен столбец «согласованность 1 и 2 осмотра». Если результаты испытания одинаковы, ставим «1», если нет, то «0». Затем на основании этих данных формируем столбец «соответствие реальному значению» для каждого контролера, заполняем его по такому же правилу. После этого заполняем столбец «согласованность контролеров».

В соответствии с проведенным анализом (табл. 4), определено, что согласованность контролеров между собой составляет 85%, а в соответствии с реальным значением – 80%. Так как согласованность составляет менее 90%, необходимо проконтролировать факторы, влияющие на результат измерения. Такими факторами могут быть квалификация контролеров, освещенность рабочего

места, точность средства измерения, отбор образцов, стандарт для проведения испытания и др., это поможет улучшить качество измерений.

Выводы

Проведенная работа показала важность методов QFD, FMEA, MSA для решения задач по определению качества на этапе испытания продукции. Отметим, что особенностью методов является возможность существенно повысить достоверность и устойчивость результатов к погрешностям исходных данных на этапе испытаний, выявление и устранение рисков, а также причин потенциальных несоответствий.

В результате проведенного QFD четвертого уровня определены основные параметры вспомогательных операций и параметры проведения испытания на герметичность шлангов системы жизнеобеспечения изделия 12КСМ: испытывать в течение 5 минут под водой с предварительной выдержкой 10 мин (21,5%); средства измерения поверены, испытательное оборудование аттестовано (19,2%); испытывать сжатым воздухом давлением $(3,45 \pm 0,15)$ МПа $(35 \pm 1,5)$ кгс/см² (19,1%).

В рамках улучшения мероприятий по качеству измерений дана рекомендация исключить влияние такого фактора как квалификация персонала (это касается непосредственно контролеров) путем модернизации

измерительной системы. Для контрольного стенда проверки изделий на герметичность: 1) оснастить автоматизированной системой слежения за падением давления на манометре; 2) ввести в воду химический реагент, который при контакте с пузырьками воздуха интенсивно окрашивал бы жидкую среду.

Изучение причин и механизмов возникновения несоответствий и предотвращение несоответствий (или максимальное снижение их негативных последствий) шланга системы жизнеобеспечения позволяет повысить качество изготовления шлангов и сократить затраты на устранение несоответствий на последующих стадиях жизненного цикла продукции.

Литература

1. Барвинок В.А., Вашуков Ю.А. Методы экспериментальных исследований технологических процессов в производстве летательных аппаратов: учеб. пособ. – Самара: Изд-во СГАУ. – 2012. – 124 с.
2. Вашуков Ю.А., Дмитриев А.Я., Митрошкина Т.А. Развертывание функции качества (QFD) – Самара: Изд-во СГАУ. – 2009. – 54 с.
3. Дмитриев А.Я., Митрошкина Т.А., Вашуков Ю.А. Робастное проектирование и технологическая подготовка производства изделий авиационной техники: учеб. пособ. – Самара: Изд-во СГАУ – 2016. – 76 с.
4. Вашуков Ю.А., Дмитриев А.Я., Митрошкина Т.А. Анализ видов, последствий и причин потенциальных несоответствий (FMEA). – Самара: Изд-во СГАУ. – 2008. – 31 с.
5. Высоцкая М.В., Дмитриев А.Я. Исследование робастности процесса измерения геометрии пиноли приспособления «ПАКЕР» International Scientific Review. 2016. № 11(21). С. 25–30. <https://elibrary.ru/item.asp?id=26847610>.
6. Васильчук А.В., Юнак Г.Л., Годлевский В.Е., Разживина О.В. Анализ измерительных и контрольных процессов в автомобилестроении. – Самара: ЗАО «Академический инжиниринговый центр»; ООО «Офорт». – 2006. – 190 с.
7. Нестеренко Д.В., Чаманкина А.Е. Интеграция методов бережливого производства и бережливого проектирования в авиакосмической промышленности // сб.: Современные кадровые технологии в управлении предприятиями и территориями. – 2017. – С. 226–233.

Improvement of the Leak Testing Process with Modern Quality Management Methods

M.V. Vysotskaya, graduate student of institute of the aircraft equipment of the Samara national research university named after the academician S.P. Korolev; Samara

e-mail: Manya_93@mail.ru

D.V. Khryashcheva, student of a magistracy of institute of the aircraft equipment of the Samara

national research university named after the academician S.P. Korolev; Samara

S.I. Orlova, student of a magistracy of institute of the aircraft equipment of the Samara national research university named after the academician S.P. Korolev; Samara

V.N. Tsyman, student of a magistracy of institute of the aircraft equipment of the Samara national research university named after the academician S.P. Korolev; Samara

I.V. Russkikh, quality engineer of JSC «Samara Cable Company»; Samara

M.A. Shurshev, Deputy head of the department of the Joint-stock company «Progress State Research and Production Space Centre, Samara city

Summary. Certification is one of the effective forms of ensuring quality and increasing the competitiveness of products in the domestic and foreign markets. When Quality Management System Certification significant competitive advantage is the application of methods and techniques: QFD, FMEA, MSA, robust design, enabling even at the stage of development of manufacturing technologies to ensure product stability to influencing factors. There is the possibility of using such methods for testing and certification of products that meet the requirements and expectations of consumers with the best combination of product characteristics and costs for its manufacture and testing.

The article considers the tools for improving the quality of the process for testing the tightness of the hose of the life support system for the 12KSM product.

Keywords: testing system, tightness, quality, requirements, products, analysis, integrity, risk prevention, robust design, certification, QFD, FMEA, MSA.

References:

1. Barvinok V.A., Vashukov Yu.A. Methods of experimental research of technological processes in the production of aircraft. Publishing house Samara State Aerospace University, named after academician S.P. Korolev (National Research University). Samara, 2012. 124 p.
2. Vashukov Yu.A., Dmitriev A.Ya., Mitroshkin T.A. Deployment of the quality function (QFD) methodological guidelines. Publishing house of Samara State Aerospace University. Samara, 2009. 54 p.
3. Dmitriev A.Ya., Mitroshkin T.A., Vashukov Yu.A. Robust design and technological preparation of aviation equipment products. Publishing house of the Samara state aerospace university. Samara, 2016. 76 p.
4. Vashukov Yu.A., Dmitriev A.Ya., Mitroshkin T.A. Analysis of species, consequences and causes of potential non-conformities (FMEA). Publishing house of the Samara state aerospace university. Samara, 2008. 31 p.
5. Vysotskaya M.V., Dmitriev A.Ya. Investigation of the robustness of the measurement process of the quill geometry of the «PAKER» device International Scientific Review. 2016. No. 11(21). pp. 25–30. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26847610>.
6. Vasilchuk A.V., Yunak G.L., Godlevsky V.E., Razzhivina O.V. Analysis of measuring and control processes in the automotive industry. JSC «Academic Engineering Center». ООО «Etching». Samara, 2006. 190 p.
7. Nesterenko DV, Chamankina A.E. Integration of lean manufacturing methods and lean design in the aerospace industry. Collection: modern personnel technology in the management of enterprises and territories. 2017. p. 226–233.