УДК [629.735.33](https://www.triumph.ru/html/serv/udk.html?category_id=72245&parent_id=72241&endpoint=1)

**Формирование требований к летательным аппаратам**

**Н.Г. Серёгин**, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора завода «Импульс» Акционерного Общества «Научно-Производственное Объединение Измерительной Техники» (АО «НПО ИТ»), г. Королев, Московская область,

**П.Ю. Пудовченко**, студентка 4 курса Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московской области «Технологический университет», г. Королев, Московская область

*Рассмотрены вопросы формирования требований и природы возникновения этих требований к летательным аппаратам. Также раскрыта важность сертификации на каждом этапе формирования требований и проанализированы различные источники технической литературы по летной авиации. На основе современных тенденций была выявлена схема, позволяющая сократить издержки на этапе эксплуатации, и выбран оптимальный путь развития дальнейших рекомендаций в области самолетостроения.*

Авиастроение, сертификация, техника, технологии, летательные аппараты.

**Formation of requirements for flying machines**

**V.G. Isaev**, candidate of technical Sciences, associate Professor,

head of the Department of quality management and standardization,

State Educational Institution of Higher Education

Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region,

**N.G. Seregin,** candidate of technical Sciences, associate Professor, deputy director of the plant «Impulse» of the joint-Stock company «Scientific and Production Association of Measuring Equipment» (JSC «NPO IT»), Korolev, Moscow region,

**P. Y. Pudovchenko,** student of State Educational Institution of Higher Education Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

*The issues of forming requirements and the nature of these requirements for passenger ships are considered. The importance of certification at each stage of requirements formation is also revealed and various sources of technical literature on flight aviation are analyzed. Based on current trends, a scheme was identified that allows reducing costs at the operational stage, and the optimal way to develop further recommendations in the field of aircraft construction was chosen.*

Aircraft industry, certification, equipment, technologies, aircraft.

**Премет исследования**

Пр и р азр аботке любого летательн ого аппар ата в н езависимости от его фун кцион альн ого н азн ачен ия возн икает потр ебн ость в таких хар актер истиках летательных аппаратов, котор ые могут обеспечить соответствие изделия всем условиям техн ического задан ия заказчика. Это ставит пер ед н ими задачу фор мир ован ия и ан ализа списка тр ебован ий к авиационной и ракетно-космической технике.

Гр амотн ый, взвешен н ый подход пр и составлен ии списка требований позволит подобр ать оптимальн ый подход к фор мир ован ию тр ебован ий для конкретного летательн ого аппарата и создать н аиболее кон кур ен тоспособн ый авиацион н ый комплекс. Пр и этом н емаловажн ую р оль игр ают задачи экон омии, кон кур ен тоспособн ости, н ацион альн ой безопасн ости и импор тозамещен ия [1].

**Требования к изделиям и задачи исследования**

Тр ебован ия, пр едъявляемые ко всем летательным аппаратам условн о можн о р азделить н а два кр упн ых блока: общие техн ические тр ебован ия и техн ические тр ебован ия к кон кр етн ому типу летательного аппарата.

Общие тр ебован ия можн о р азделить н а следующие: техн ические, специальн ые, пр оизводствен н ые (техн ологические) и эксплуатацион н ые.

Осн овн ыми техн ическими тр ебован иями, хар актер изуют выполн ен ие техн ического задан ия в части р еализации потр ебн остей летательн ого аппар ата в обеспечен ие его летн о-техн ических и эксплуатацион н ых хар актер истик [2]:

1) обеспечен ие взлетн ой тяги согласн о тактико-техн ическим

хар актер истикам летательн ого аппар ата н а пр отяжен ии всего р есур са;

2) обеспечен ие н адежн ой р аботы силовой устан овки и стабильн ости

полетн ых р ежимов;

3) обеспечен ие мин имальн ого р асхода топлива;

4) хор ошая пр иемистость;

5) обеспечен ие задан н ых р абочих р ежимов н а всем типовом пр офили

полета;

6) обеспечен ие безопасн ости эксплуатации;

7) обеспечен ие мин имальн о допустимых выбр осов загр язн яющих

веществ в атмосфер у;

8) мин имальн ые стоимость, масса и габар иты пр и задан н ой тяге.

К пр оизводствен н ым (техн ологическим) тр ебован иям отн осятся:

1) пр остота и техн ологичн ость изготовлен ия и сбор ки летательного аппарата;

2) мин имальн ые тр ебован ия к пр оизводствен н ому и испытательн ому

обор удован ию, а также к пер сон алу;

3) высокая степен ь стан дар тизации и ун ификации элемен тов;

4) использован ие н едефицитн ых и дешевых матер иалов;

5) н изкая стоимость изготовлен ия летательного аппарата в целом.

К эксплуатацион н ым тр ебован иям отн осятся:

1) удобство замен ы смен н ых эксплуатацион н ых элемен тов;

2) удобство мон тажа и демон тажа оборудования летательн ых аппар атов;

3) пр остота, удобство выполн ен ия р егламен тн ых опер аций;

4) н изкая стоимость р емон та и доступн ость запасн ых частей.

Воздушн ый кодекс Р оссийской Федер ации (РФ) устан авливает пр авовые осн овы использован ия воздушн ого пр остр ан ства и деятельн ости в области авиации.

Действие ст. 37 Воздушного кодекса РФ р аспр остр ан яется н а гр аждан скую авиацию. Н ор мы п. 1 и 2 ст. 37 Воздушного кодекса РФ р егламен тир уют тр ебован ия к сер тификации обр азцов авиацион н ой техн ики н ового типа, включая воздушн ые суда, авиацион н ые двигатели и воздушн ые вин ты. Эти тр ебован ия н еобходимы для р еализации н ор м, р егламен тир ующих допуск воздушн ых судов гр аждан ской авиации к эксплуатации.

Тр ебован ия и пр оцедур ы сер тификации летательных аппаратов опр еделяются Федер альн ыми авиацион н ыми пр авилами. Обр азцы авиатехн ики н овой кон стр укции должн ы соответствовать н ор мам летн ой годн ости, действующим н а дату пр ин ятия заявки, любым дополн ительн ым тр ебован иям, котор ые ор ган по сер тификации сочтет н еобходимым устан овить для обеспечен ия безопасн ости.

После устан овлен ия соответствия летательного аппарата нормам лётной годности ор ган изации, ответствен н ой за кон стр укцию, выдается сер тификат соответствия, где четко указываются те н ор мы летн ой годн ости, соответствие котор ым было обеспечен о и котор ые стали н ор мативн ой базой для выдачи сер тификата. Как пр авило, эти н ор мы пр одолжают пр имен яться в отн ошен ии кон кр етн ых экземпляр ов воздушн ых судов или компон ен тов, изготовлен н ых в соответствии с дан н ой кон стр уктор ской докумен тацией.

Таким обр азом, согласн о Воздушному кодексу Р Ф все летательн ые аппар аты, их двигатели, комплектующие изделия в обязательн ом пор ядке должн ы быть сер тифицир ован ы [3, 4].

Н а тер р итор ии Р оссии вопр осы сер тификации авиацион н ой техн ики пер едан ы в веден ие Межгосудар ствен н ого авиацион н ого комитета (МАК). Это постоян н о действующий ор ган . Для осуществлен ия деятельн ости им создан специальн ый ор ган – Авиацион н ый р егистр (Авиар егистр ). Сер тификаты выдаются Авиар егистр ом.

В н астоящее вр емя общепр изн ан о, что сер тификация – одн а из н аиболее эффективн ых фор м обеспечен ия качества пр одукции или услуг, а также их кон кур ен тоспособн ости н а вн утр ен н ем и вн ешн ем р ын ках.

Мн огофун кцион альн ость сфер ы сер тификации тр ебует фор мир ован ия соответствующей ин фр астр уктур ы – ор ган ов по сер тификации и аккр едитован н ых испытательн ых лабор атор ий.

Чр езвычайн о важн ую р оль в отечествен н ой пр актике сер тификации игр ают методы летн ых испытан ий, осн ован н ые н а объективн ом получен ии шир окого спектр а ин фор мации и летн ой оцен ке экипажа. Летн ые испытан ия шир око пр имен яются в н ашей пр актике пр и создан ии и сер тификации самолета и включают исследован ия н а стен дах, летающих лабор атор иях и сер тифицир уемом самолете [5]. Одн ой из важн ых задач пр и этом является р азр аботка н ор мативов типовых испытан ий агр егатов и систем. Вн едр ен ие пер спективн ых техн ических тр ебован ий потр ебовало н овых матер иалов и покр ытий, существен н ого пер есмотр а пор ядка и методов испытан ий, опытн ых обр азцов авиацион н ой техн ики, их отр аботки пер ед устан овкой н а самолеты, р асшир ен ия и р азвития испытательн ой базы для пр оведен ия полн оцен н ой отр аботки изделий, совер шен ствован ия ин фор мацион н ого обеспечен ия н овых р азр аботок, специализации пр оизводства [6]. Подтвер жден ие показателей техн ического ур овн я бор тового обор удован ия осуществляется н а этапе испытан ий в пр оцессе пр оведен ия опытно-конструкторских работ (ОКР) . Для пр актического воплощен ия этого пр ин ципа головн ыми Н ИИ совместн о с ОКБ были р азр аботан ы и утвер жден ы н ор мы типовых испытан ий агр егатов и систем бор тового обор удован ия н а н адежн ость.

**Методы и средства**

В н астоящее вр емя в р яде случаев показатели н адежн ости бор тового обор удован ия н а этапе ОКР подтвер ждаются р асчетн ыми зн ачен иями. Н ор мы испытан ий тр ебуют подтвер жден ия зн ачен ий показателей н адежн ости бор тового обор удован ия н а этапе ОКР, что позволит сокр атить ср оки летн ых испытан ий самолетов до 2–3 лет вместо 6–7 лет пр и существующей пр актике. Все это может быть обеспечен о за счет пр оведен ия стен довых испытан ий (р ис. 1).



**Рисунок 1. Схема стен довых эквивален тн о-циклических испытан ий обор удован ия самолетов и вер толетов с комплексн ым воспр оизведен ием н агр узок, максимальн о пр иближен н ых к р еальн ым условиям эксплуатации**.

Для подтверждения соответствия характеристик изделий перспективным техническим требованиям введена отраслевая аттестация (сертификация) агрегатов и систем бортового оборудования.

Р азр аботан комплекс нормативных документов, устан авливающий пор ядок пр оведен ия р абот в отр асли по повышен ию техн ического ур овн я изделий авиационной техники и пор ядок отр аслевой аттестации бор тового обор удован ия летательных аппаратов и двигателей.

Эти докумен ты опр еделяют ор ган изацию и пор ядок р абот в отр асли, фун кции участн иков р абот и их взаимодействие, в н их пр едусматр ивается постоян н ый кон тр оль головн ого тематического ин ститута за р азр аботкой, испытан иями и эксплуатацией бор тового обор удован ия и выдача аттестата годн ости бор тового обор удован ия к пр имен ен ию н а летательных аппаратах.

Ключевым момен том, обеспечивающим гар ан тию пр оектир ован ия, является системн ый подход к пр оектир ован ию бор товой аппар атур ы воздушн ых судов. Под гар ан тией пр оектир ован ия пон имается пр оцесс, состоящий из специальн о заплан ир ован н ых систематических мер опр иятий, обеспечивающих в совокупн ости увер ен н ость в том, что ошибки или упущен ия в тр ебован иях или пр оекте выявлен ы и устр ан ен ы таким обр азом, что р еализован н ая система будет удовлетвор ять сер тификацион н ым тр ебован иям.

Фор мир ован ие тр ебован ий, в том числе, возн икает и по пр ичин е обязательн ой сер тификации летательн ых аппар атов. Н иже пр едставлен а схема общей сер тификации летательных аппаратов (рис. 2).



**Рисунок 2. Общая программа сертификации летательных аппаратов**

**(ТТТ – тактико-технические требования, МОС – методы определения соответствия, НЛГС – н ормы летной годности самолетов).**

В качестве еще одн ого этапа фор мир ован ия тр ебован ий к летательным аппаратам является математическое моделир ован ие их н адежн ости

Математическое моделир ован ие применяют тогда, когда известн о достаточн о достовер н ое математическое описан ие моделир уемого пр оцесса. Зн ачительн ый ин тер ес пр едставляет задача обосн ован ия исследования летательного аппарата в виде системы н а р азличн ых этапах ее р азр аботки и возможн ости пер ехода н а следующий в техн ологической цепочке этап.

Н а каждом этапе р азр аботки системы пр оисходит обн ар ужен ие и устр ан ен ие дефектов, т. е. кор р ектир овка и дор аботка системы. Пр и этом н аблюдается улучшен ие хар актер истик системы. Опр еделив отказ как любое н есоответствие пар аметр ов и хар актер истик системы пр едъявляемым тр ебован иям, и учитывая вер оятн остн ый хар актер пр оцесса обн ар ужен ия дефекта, получим возможн ость использован ия для описан ия этого пр оцесса хор ошо известн ого и достаточн о полн о р азр аботан н ого математического аппар ата теор ии н адежн ости. Пр и этом событие обн ар ужен ия дефекта является ан алогом отказа, вер оятн ость этого события – вер оятн ость отказа, а вер оятн ость бездефектн ого состоян ия системы – вер оятн ости безотказн ой р аботы системы *Rt* [7, 8, 9].

В пр оцессе экспер имен тальн ой отр аботки системы ее н адежн ость возр астает. Эта дин амика р оста описывается н екотор ыми математическими зависимостями, осн овн ой из котор ых является экспон ен циальн ая:



где:

ин декс *i –* этап р азр аботки;

*ti* – вр емя р азр аботки н а этом этапе;

*Roi* – н ачальн ое для дан н ого этапа зн ачен ие н адежн ости;

θ*i* – ин тен сивн ость обн ар ужен ия и устр ан ен ия дефектов н а дан н ом этапе;

*аi* – пр едельн ое для дан н ого этапа зн ачен ие н адежн ости, опр еделяемое полн отой имитации н а дан н ом этапе условий эксплуатации системы.

В р езультате может быть поставлен а и р ешен а задача оптимальн ого по вр емен и пер ехода от этапа к этапу, а имен н о:



Р ешен ием этой оптимизацион н ой задачи является условие р авен ства скор остей р оста н адежн ости н а *i*–1-м и *i*-м этапах отр аботки в точке пер ехода *Roi*, а имен н о:



Ан алогичн ое условие получается, если вместо вр емен и используется стоимость отр аботки н а р азличн ых этапах.

**Результаты исследования**

Ан ализ зар убежн ого опыта р азр аботки летательных аппаратов показывает, что летн ые испытан ия, игр ающие важн ую р оль в отечествен н ой пр актике для устан овлен ия соответствия осн овн ых хар актер истик летательных аппаратов нормам лётной годности, за р убежом имеют существен н о мен ьшее, в осн овн ом демон стр ацион н ое зн ачен ие, поскольку до 80 % всех пр облем, возн икающих пр и р азр аботке соответствующих систем, р ешается н а земле за счёт широкого применения математического моделирования надежности летательных аппаратов.

Этой совр емен н ой тен ден ции соответствуют малые зн ачен ия ин тен сивн ости обн ар ужен ия дефектов н а этапе летн ых испытан ий и близкие к един ице зн ачен ия случайн ой составляющей н адежн ости.

То есть, можн о говор ить о пер спективн ом фор мир ован ии тр ебован ий с учетом математического моделир ован ия н адежн ости летательных аппаратов, и об актуальн ости р ассматр иваемой стр уктур ы подхода.

*Литер атур а:*

1. Кузн ецов А. Г. Совр емен н ые тен ден ции р азвития техн ологии пр оектир ован ия систем автоматического упр авлен ия самолетов // Тр уды Московского ин ститута электр омехан ики и автоматики (МИЭА), выпуск 2, Н авигация и упр авлен ие летательн ыми аппар атами. М.: МИЭА, 2010. С. 2–9.
2. Глаголев А.Н . Конструкция самолетов // А.Н. Глаголев, М.Я. Гольдинов, С.М. Гр игоренко. – М: Машиностроение, 1975.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы мен еджмен та качества. Тр ебован ия // Официальн ое издан ие. М.: Стан дар тин фор м. 2018 год.
4. Алексан др овская Л. Н ., Ар он ов И. З., Смир н ов В. В., Шолом А. М. Сер тификация сложн ых техн ических систем: учебн . пособие. М.: Логос, 2001. 312 с.
5. Корнеев В.М. Конструкция и эксплуатация воздушн ых судов для пилотов и бортинженеров. – Ульяновск : УВАУ ГА, 2006.
6. Булан ов И.М., Вор обей В.В. Техн ология р акетн ых и аэр окосмических кон стр укций из композицион н ых матер иалов: учебн ик для вузов // М.: Изд-во МГТУ им. Н .Э. Бауман а. 1998. 516 с
7. Исаев В.Г., Сер ёгин Н .Г., Сор окин С.В. Комплексн ый р асчётн о-экспер имен тальн ый метод оцен ки н адёжн ости техн ических систем летательн ых аппар атов // М.: Ин фор мацион н о-техн ологический вестн ик. 2018. № 4 (18). С. 22-31.
8. Исаев В.Г., Сер ёгин Н .Г. Ан ализ н адёжн ости техн ологического обор удован ия пр едпр иятий р акетн о-космической техн ики н а пр имер е кон сольн ых фр езер н ых шпин дельн ых узлов аппар атов // М.: Ин фор мацион н о-техн ологический вестн ик. 2019. № 4 (22). С. 17-23
9. Пр он иков А.С. Н адёжн ость машин // М.: Машин остр оен ие. 1978. 590 с.