Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «Московский авиационный институт»

(национальный исследовательский университет)

На правах рукописи

Гуереш Джахид

Методика многодисциплинарной оптимизации по выбору параметров законцовок крыльев магистральных самолетов

Специальность 05.07.02

«Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель к.ф.-м.н., доцент Попов Сергей Александрович

Москва - 2018

2

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1 Анализ существующих проектно-конструкторских решений при проектировании законцовки крыла пассажирского самолета

1. 1 Типичная картина обтекания крыла пассажирского самолета 12

1.2 Выбор целевой функции топливной эффективности пассажирского самолёта 17

Выводы по главе 1 25

2 Вычислительное моделирование обтекания и напряженно-деформированного состояния крыла с законцовкой

2.1 Схема и инструменты решения многодисциплинарной задачи в среде ANSYS Workbench 26

2.2 Методические исследования и верификация расчетной модели 28

2.2.1 Исследование сеточной сходимости 30

2.2.2 Описание модели Навье-Стокса, начальных и граничных условий 33

2.2.3 Выбор и обоснование используемой модели турбулентности 36

2.2.4 Описание расчетной модели конструкции и методы решения уравнений

напряженно-деформированного состояния 40

2.3 Исследование проектировочного пространства законцовки

2.3.1 Исследование проектировочного пространства концевой шайбы 42

2.3.2 Исследование проектировочного пространства законцовки «винглет» Уиткомба 46

2.3.3 Выбор оптимального угла развала законцовки Уиткомба 50

2.3.4 Криволинейная законцовка как компромиссное решение задачи выбора оптимального угла развала законцовки винглет 55

2.4 Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния компоновки «крыло-фюзеляж-законцовка» 60

2.5 Расчет итогового влияния разных концевых устройств на топливную

эффективность 65

Выводы по главе 2 68

3 Разработка методики проектировочного расчета аэродинамической нагрузки на крыло с законцовкой

3.1 Проектировочный расчет величины аэродинамической нагрузки на законцовку 69

3.1.1 Угол атаки законцовки как функция от угла атаки крыла 70

3.1.2 Угол скольжения законцовки как функция от угла атаки крыла 71

3

3.2 Схема работы крыла с законцовкой под аэродинамической нагрузкой 72

3.3 Проектировочный расчет величины и распределения аэродинамической нагрузки по размаху криволинейной законцовки 77

3.4 Обобщение полученного распределения аэродинамической нагрузки по

размаху криволинейной законцовки на случай деформированного крыла 84

Выводы по главе 3 86

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 87

Список сокращений и условных обозначений 89

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ОценкавлиянияпроектныхрешенийнатопливнуюэффективностьпассажирскогосамолетабылапроизведенавмногодисциплинарнойпостановкевкоторойколичественносопоставленыростаэродинамическогокачествакрылаврезультатеувеличенияегоудлиненияиилипримененияконцевыхустройствиростмассыконструкциивследствиероставнешнихнагрузокВрезультатевычислительногомоделированияработыкрылаподнагрузкойвыделеныключевыегеометрическиепараметрызаконцовкиоказывающиенаибольшеевлияниенакритериитопливнойэффективностиаименноееуголразвалаиотносительнаяплощадьРазработанаметодикапроектировочногорасчетааэродинамическойнагрузкидействующейназаконцовкуотличительнойособенностьюкоторойявляетсяучетвлиянияугларазваланаместныеуглыатакиискольженияЭффективностьразработаннойметодикизаключаетсявколичественнойоценкевесовогоэквивалентаразличныхпроектныхрешенийпоулучшениюаэродинамикикрылаЦельдиссертационнойработыдостигнутазасчетсовмещенногоприменениясредстввычислительнойгидродинамикисредствпрочностногорасчетаатакжекомплексногоматематическогоанализаполученныхзакономерностейизменениякартиныобтеканиявконцевойчастикрылаиегонапряженнодеформированногосостояния

Полученыследующиеосновныерезультатыобладающиенаучнойновизнойипрактическойценностью

 Предложеныцелеваяфункцияиметодикапоанализувесовойстоимостипроектныхрешенийпоулучшениюхарактеристиккрыльевпассажирскихсамолетов

 Предложенасистемаинженерныхформулпозволяющаянаэтапепроектировочногорасчётаопределитьвеличинуаэродинамическойнагрузкиназаконцовкуиоценитьеевкладвподъёмнуюибоковуюсилыкрылаатакжееевкладвприращениеизгибающегомоментавкорнекрыла





 Доказаносравнительноепреимуществокриволинейнойнавидеспередизаконцовкикаккомпромиссноерешениесовмещающеенаразныхуглахатакипреимуществаклассическойзаконцовкивинглетсмалымугломразвалаигоризонтальнойзаконцовкиувеличивающейудлинениекрыла

 Разработанановаяметодикапараметризацииирасчётахарактеристиккриволинейныхнавидесперединесущихповерхностей

ПолученныерезультатыпозволяютповыситьточностьпроектировочногорасчетакрылапассажирскогосамолетаиобоснованностьвыбораегохарактеристиксучётомприменениясовременныхвтомчислекриволинейныхнавидеспередиконцевыхустройствВнедрениерезультатовисследованиявпроизводствовыполненопосредствомучастиявФЦПРазвитиеавиационнойпромышленностинагоды

ОднимизнаиболееперспективныхнаправленийисследованияпооптимизацииконцевойчастикрыламожетстатьмодификацияформыпрофилявконцевыхсеченияхнапримереведущихсявЦАГИисследованийпопроектированиювысоконесущихпрофилейдляпассажирскихсамолетовилиисследованнойнакафедреаэродинамикиЛАМАИконцепцииконцевогопрофилясзаостреннымноскомТакиеновыеконцепцииконцевыхустройствмогутиметьдостаточнохорошуювесовуюотдачусравнимуюсрассмотреннымивданнойдиссертацииконфигурациямизаконцовкитипавинглетоднакоонинуждаютсявбольшомобъёмеисследованийдляподтвержденияихпреимуществ