



Основные цели и задачи летных испытаний

Значение летных испытаний

- *Несмотря на возросшую роль наземных испытаний летательных аппаратов, с использованием стендов, решающее значение при отработке и оценке остается за летными испытаниями.*
- *Каждый новый (опытный) летательный аппарат проходит ряд испытаний с момента его создания и до внедрения в серийное производство.*

Этапы летных испытаний

- *Вначале на летающих лабораториях (ЛЛ) проводится **отработка** наиболее ответственных установок и агрегатов аппарата.*
- *Затем на заводских испытаниях **проводят доводку** до состояния, обеспечивающего безопасность выполнения полетов, **ведут отработку** и оценку систем бортового и наземного оборудования, **определяют основные** летно-технические и эксплуатационные **характеристики**.*

Этапы летных испытаний



*ЛИИ им Громова (г. Жуковский) ЛЛ ИЛ-76 с двигателем ПД-14
(программа МС-21)*

Этапы летных испытаний



ЛИИ им Громова (г. Жуковский) ЛЛ ИЛ-76 с двигателем ТВ7-117 (программа ИЛ-114)

Этапы летных испытаний



«Авиационный сертификационный центр «СибНИА-ТЕСТ». Летящая лаборатория на базе самолета Як-40.

За 80 часов летных испытаний лаборатория проверяет характеристики наземных средств радиотехнического обеспечения полетов, авиационной электросвязи и систем светосигнального оборудования аэродрома.

Этапы летных испытаний

- *Далее летательный аппарат поступает на государственные испытания для выявления и регламентации условий, обеспечивающих наибольшую надежность, безопасность и простоту пилотирования летательного аппарата, определения соответствия техническому заданию его реальных летно-технических данных и основных эксплуатационных характеристик для решения вопроса о запуске его в серийное производство.*

Этапы летных испытаний

- *Затем проводятся эксплуатационные испытания опытной серии летательных аппаратов и испытания первых аппаратов серий.*
- *Основная задача эксплуатационных испытаний состоит в выявлении всех наиболее характерных особенностей его наземной и летной эксплуатации, пригодности и совершенства вспомогательного оборудования и технических средств, в выявлении и регламентации условий, обеспечивающих наибольшую регулярность и экономичность полетов на новом летательном аппарате в зависимости от назначения.*

Этапы летных испытаний

- *В ходе эксплуатационных испытаний проверяются и уточняются:*
- *регламенты технического обслуживания*
- *руководства по его летной эксплуатации и технике пилотирования*
- *трудоемкость обслуживания летательного аппарата, потребная численность технического персонала*
- *способы его эксплуатации и обслуживания.*

Опытные и модифицированные воздушные суда

- ***К опытным*** относятся воздушные суда, используемые для проверки заданных летно-технических характеристик и конструкторских решений в целях изготовления серийных воздушных судов или проведения летных исследований в области создания новых образцов авиационной техники.
- ***К модифицированным*** относятся воздушные суда, созданные на базе опытных или ранее принятых в эксплуатацию серийных воздушных судов путем введения в конструкцию и (или) бортовые системы изменений, существенно меняющих его летно-технические характеристики, и (или) используемые для проведения испытаний *после их модификации*.

Особенности летных испытаний

Одной из главных особенностей, отличающих летные испытания опытного самолета по сравнению с серийным, является -

наличие на опытном самолете специальной экспериментальной аппаратуры,

позволяющей получить значительно больше информации о летных характеристиках самолета и о работе бортовых систем и планера.

Особенности летных испытаний

Второй особенностью является допустимость проверки режимов, требующих от летчика исключительного мастерства, чрезмерного внимания и большого физического напряжения.

В силу этого опытные самолеты нередко оборудуются специальными средствами спасения, отсутствующими на серийных самолетах.

Особенности летных испытаний

Третьей особенностью является необходимость замен и доработок отдельных элементов летательного аппарата по результатам летных испытаний,

т. е. изменение испытываемого объекта в процессе испытаний.

Основные факторы, исследуемые в процессе летных испытаний

Летные испытания позволяют определить летные характеристики летательного аппарата. Так, например, для самолета наиболее важными характеристиками являются:

- максимальная скорость,*
- практический потолок,*
- дальность и продолжительность полета,*
- наивыгоднейшая скорость набора высоты,*
- вертикальная скорость и время набора высоты при наивыгоднейшей скорости.*

Летные характеристики (летные данные) определяют технические возможности самолета.

Основные факторы, исследуемые в процессе летных испытаний

Не менее важными факторами, определяемыми в летных испытаниях, являются характеристики устойчивости и управляемости летательных аппаратов.

Оценка устойчивости и управляемости должна производиться в полном диапазоне допустимых скоростей полета, высот, чисел Маха, углов атаки и скольжения, центровок, при полной и малой тяге двигателя, с автоматикой и без нее.

Основные факторы, исследуемые в процессе летных испытаний

- *Наиболее ответственными и сложными летными, испытаниями являются полеты с целью определения предельных скоростных напоров и предельных чисел M летательного аппарата;*
- *При этом ограничениями являются: общая прочность или жесткость конструкции, вибрация, устойчивость и управляемость, особенности работы силовой установки и других систем, аэродинамический нагрев.*

Основные факторы, исследуемые в процессе летных испытаний

- *К специальным летным испытаниям относятся **испытания на сваливание в штопор.***
- *Весьма важными являются летные испытания, проводимые с целью **определения характеристик маневренности** летательного аппарата. Маневренность летательного аппарата в целом не может быть охарактеризована каким-либо одним обобщающим критерием.*
- *Для оценки маневренных качеств необходимо находить из летных испытаний характеристики, определяющие основные параметры маневров.*

Основные факторы, исследуемые в процессе летных испытаний

Летные испытания проводятся и для определения взлетно-посадочных характеристик летательных аппаратов, при этом определяются:

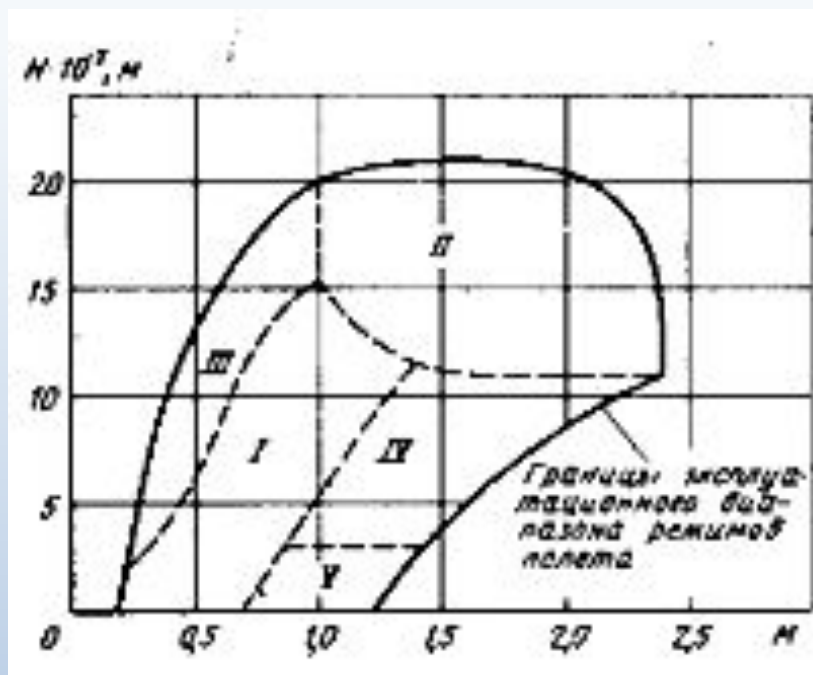
- длина и время разбега;*
- скорость отрыва;*
- длина и время пробега;*
- посадочная скорость;*
- другие взлетно-посадочные характеристики.*

Основные факторы, исследуемые в процессе летных испытаний

*Летные испытания проводятся для отработки всех бортовых систем летательного аппарата в условиях **нормальной эксплуатации и с имитацией отказов.***

*При испытаниях топливной системы определяют «**границу высотности**» системы (т. е. ограничения по кавитации), надежность подачи горючего к двигателю при всех возможных режимах работы двигателя (стационарных и переходных) и всех возможных режимах полета, включая резкие маневры.*

Стратегические цели лётных испытаний



В зависимости от выбора направления испытаний будут получены различные группы характеристик.

Выполнив несколько предварительных полётов в зоне I, можно избрать не менее Трёх вариантов дальнейших направлений работ:

Продолжить испытания в зоне I до получения всех или большей части заданных программой характеристик в этой зоне;

Перейти к испытаниям в зоне II для получения характеристик самолёта на сверхзвуковых режимах полёта;

Перейти к испытаниям в зоне III для определения характеристик самолёта на больших углах атаки.

(график для манёвренного сверхзвукового самолёта)

Специальное оборудование и приборы, применяемые при летных испытаниях

Измеряемые параметры преобразуются в электрический ток или напряжение специальными датчиками. При летных испытаниях обычно регистрируется большое число параметров:

- скорость,*
- барометрическая высота,*
- отклонение рулей,*
- перегрузки,*
- угловые скорости,*
- усилия на ручке или штурвале и педалях,*
- обороты двигателя,*
- расход горючего,*
- углы атаки и скольжения,*
- углы тангажа, крена и курса,*
- давление и температура в различных точках летательного аппарата,*
- деформации конструкции,*
- амплитуда и частота вибраций,*
- ток и напряжение в автоматических и полуавтоматических системах и т. п.).*

*Специальное оборудование и приборы, применяемые
при летных испытаниях*



*ЛИИ им Громова (г. Жуковский) ЛЛ ТУ-154 вид салона с
аппаратурой*

Специальное оборудование и приборы, применяемые при летных испытаниях

Чтобы избежать ошибок при обработке полетных записей, до и после каждого полета на земле производятся контрольные включения самописцев (тарировка).

Применение компьютерной техники, радиотелеметрии (дистанционной передачи информации) и магнитной записи открыло перспективы в ускорении обработки материалов, полученных в полете.

Специальное оборудование и приборы, применяемые при летных испытаниях



Летчики-испытатели за штурвалом специально устраивают тейлстрайк. Это необходимо для того, чтобы в ходе летных тестов точно установить минимальную скорость отрыва самолета. Для этого следует взлетать при максимальном угле атаки, который ограничивает именно хвост. В дальнейшем в документацию будет внесена информация о необходимой скорости взлета, которая гарантировано не будет приводить к тейлстрайку.

Специальное оборудование и приборы, применяемые при летных испытаниях

При плоском штопоре главное — опустить нос. Тогда самолет может управляться.
ПАРАШЮТ, ПРИКРЕПЛЕННЫЙ К ХВОСТУ,
решал эту задачу



*Специальное оборудование и приборы, применяемые
при летных испытаниях*



(en 5350002) СССР-65600 Ту-134 1966 год (с) Архив К. Г. Удалова

Опытный ТУ-134 с противостопорным парашютом

Специальное оборудование и приборы, применяемые при летных испытаниях

При прохождении испытаний на самолет устанавливают дополнительные приборы и датчики, в первую очередь ПВД - приёмник воздушного давления.

Это устройство служит для отбора сигналов атмосферного давления для подачи их в системы статического и динамического давления, а также на ряд электрических датчиков систем отображения полётной информации, в автоматику двигателей и целый ряд других систем летательного аппарата.

Применяется как первичная часть бортовой системы воздушных сигналов для вычисления приборной и воздушной скорости, истинной воздушной скорости, вертикальной скорости и барометрической высоты на самолётах, вертолётах и пр.

ПВД стараются разместить подальше от самолета, чтобы исключить влияние на его показания. В полетах сравнивают показания штатного ПВД и эталонного.

*Специальное оборудование и приборы, применяемые
при летных испытаниях*



Опытный АН-178 с удлинённым носовым ПВД

Летные испытания серийных самолетов

Основная особенность летных испытаний серийных летательных аппаратов по сравнению с испытаниями опытных экземпляров заключается в повторении полетов на аппаратах одного и того же типа.

Однако большой диапазон скоростей и других летных характеристик вызывают некоторые различия в характеристиках управляемости и в других характеристиках однотипных летательных аппаратов, хотя при конструктивно-технологической отработке прилагаются максимальные усилия к обеспечению полного единообразия.

Летные испытания серийных самолетов

*Смысл летных испытаний на серийном заводе состоит прежде всего в выявлении **правильности регулировочных работ** с целью доведения всех параметров до пределов, ограниченных техническими условиями.*

*Кроме того, при летных испытаниях **выявляются и устраняются дефекты и отказы** готовых изделий, а также **дефекты и отказы**, появляющиеся в результате нарушения технологических процессов на серийном заводе.*

Летные испытания серийных самолетов

Критерием экономичности работы по испытанию серийных летательных аппаратов является количество испытательных полетов, приходящихся на один летательный аппарат.

Поэтому каждый полет необходимо проводить по специально разработанному плану. Это вызывается тремя причинами.

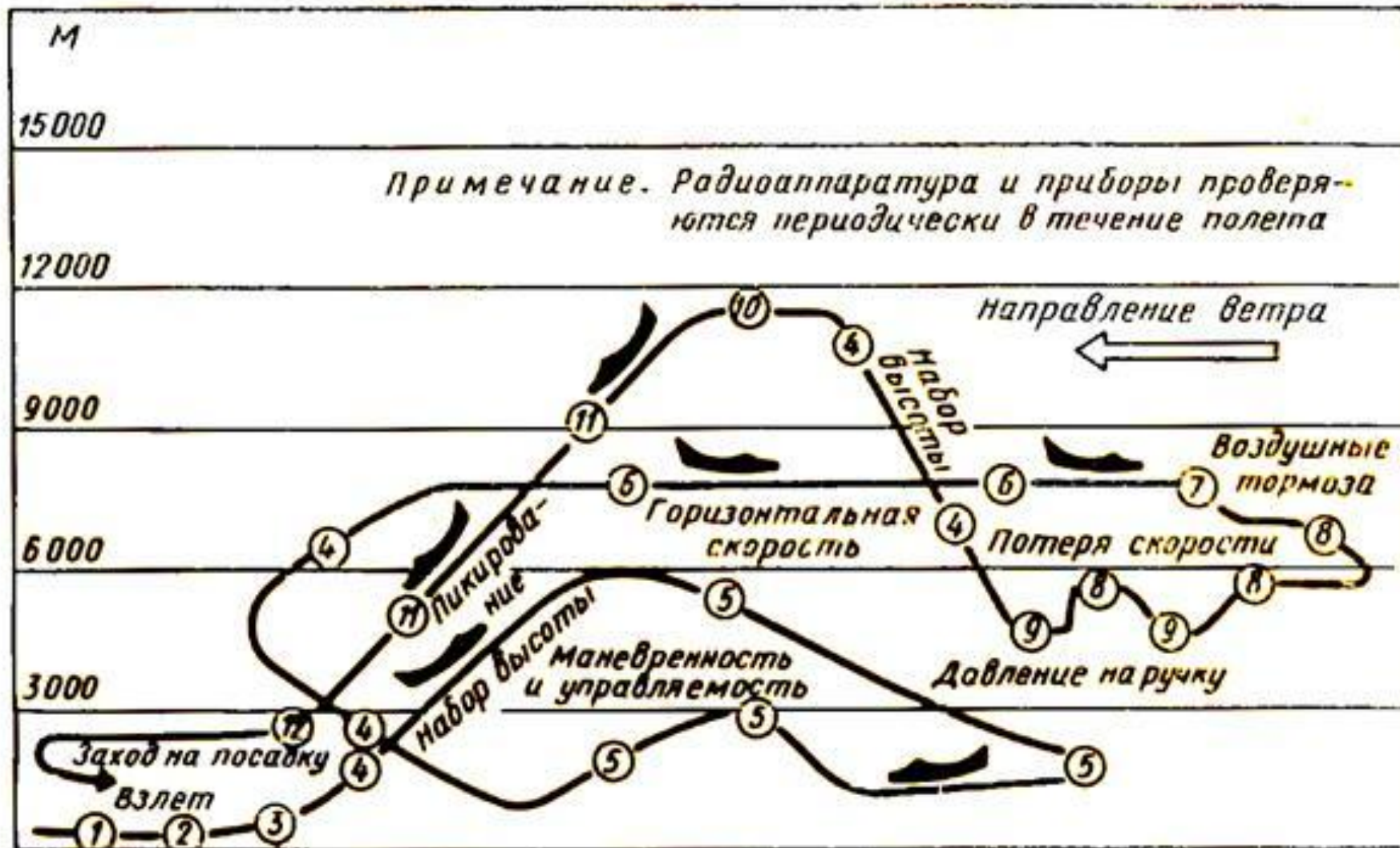
Летные испытания серийных самолетов

*Во-первых, некоторые виды испытаний должны проводиться **при полной нагрузке** в течение всего цикла или до того, когда большая часть топлива будет израсходована.*

*Во-вторых, необходимо испытать прочность конструкции и аэродинамические качества сначала при средних величинах нагрузки, а уже затем — при максимальной перегрузке, т. е. проверку каждой характеристики необходимо проводить **в прогрессивно усложняющихся условиях**.*

*В-третьих, полет должен быть спланирован таким образом, чтобы после выполнения каждого пункта программы испытаний летательный аппарат находился на высоте, **наиболее подходящей для начала следующего испытания**.*

Летные испытания серийных самолетов



Летные испытания серийных самолетов

Первый испытательный полет серийного самолета начинается с наземного осмотра 1.

Проверяется подвижность и полнота отклонения рулей и триммеров. Проверяется действие закрылков, воздушных тормозов, управление стабилизатором, проверяется давление в пневмо- и гидросистемах.

Необходимо проверить действие механизма открывания и закрывания фонаря, видимость через стекла фонаря.

Пилотажные приборы и приборы контроля двигателя, а также топливная система проверяются при работающих двигателях.

Летные испытания серийных самолетов

При рулении 2 проверяется работа тормозов, для этого нужно развить предельно большую скорость руления, а затем резко затормозить и еще раз провести общую проверку систем самолета.

Во время взлета 3 необходимо проверять работу двигателей, процесс уборки шасси и закрылков.

Во время набора высоты 4 проверяются обороты двигателя, давление в системе подачи топлива, устойчивость и управляемость.

Затем проводятся проверки устойчивости и управляемости 5 при различных маневрах. Далее ведутся проверки на максимальной горизонтальной скорости 6, при проверке работы воздушных тормозов 7, на режиме потери скорости 8.

Летные испытания серийных самолетов

Проводится замер давления на ручку управления 9,

Пикирование до максимальной скорости и проверка при этом работы рулей (испытания на пикирование проводятся только для маневренных самолетов),

Замер давления на ручку управления при выходе из пикирования на максимальной скорости.

Летные испытания серийных самолетов

*Для пассажирских самолетов программа летных испытаний определяется на основании действующих **норм летной годности**, которые регламентируют все основные требования к летным характеристикам пассажирских самолетов.*

*Так, например, проверка соответствия характеристик **устойчивости и управляемости** самолета, согласно нормам, должна производиться **на всех основных режимах полета**.*

*Методика проверки должна предусматривать выполнение полета, ряда контрольных маневров и **имитаций отказа двигателей**;*

Имитаций отказов одной из гидросистем управления рулями и элементов автоматики в системе управления и других элементов системы управления.

Основные цели лётных испытаний

- * Оценка поведения самолёта в целом и работы его жизненно важных систем на эксплуатационных режимах полёта;
- * Подтверждение реальности выполнения требований, предъявляемых к характеристикам самолёта, для гражданских самолётов, кроме того – обеспечение соответствия «Нормам лётной годности самолётов » (НГЛС);
- * Выявление и устранение дефектов и недостатков, или, по крайней мере, определение путей доводки конструкции до состояния, при котором может быть начата подготовка к серийному производству;
- * Оценка эксплуатационной технологичности самолёта.

Основные задачи лётных испытаний на начальном этапе

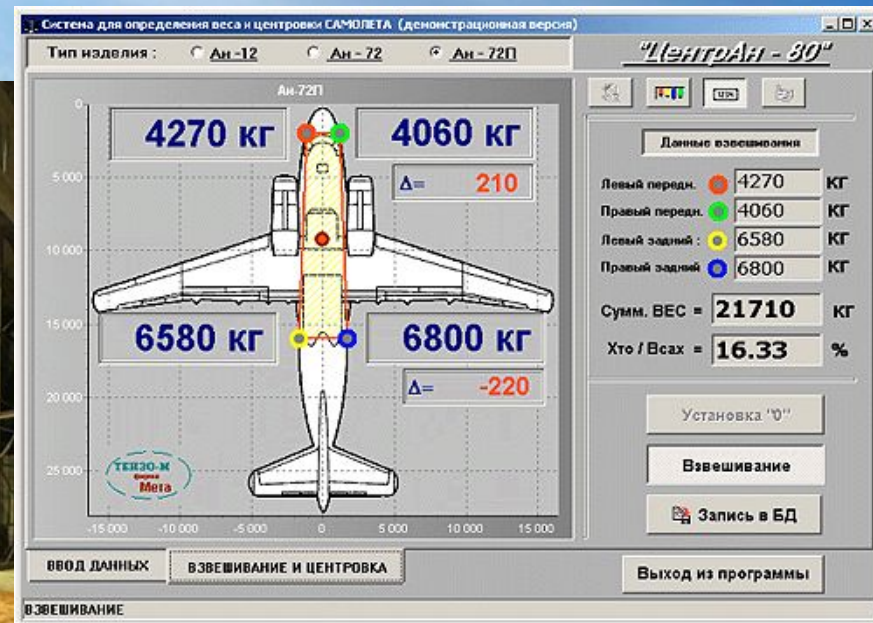
- * Проверка поведения самолётов, предварительное определение характеристик устойчивости и управляемости, характеристик силовой установки самолёта и других бортовых систем;
- Предварительное определение лётно-технических и взлётно-посадочных характеристик, а также характеристик манёвренности самолёта (для манёвренных самолётов).
Подтверждение реальности получения заданных характеристик;



***Подтверждение возможности получения сертификата или определение объёма необходимых для этого мероприятий (для гражданских самолётов);**
***Выявление недостатков (в том числе, и эксплуатационных) и *доводка самолёта* и его систем до уровня, отвечающего предъявляемым к ним требованиям, или *определение путей* такой доводки для реализации в последующих образцах;**



*Предварительное определение аэродинамических нагрузок на элементы планера;
*Работы по проверке и отладке информационно-измерительной системы, по идентификации математических моделей для сопровождения лётных испытаний, по оптимизации программ, обеспечивающих управление экспериментом в реальном времени, по определению аэродинамических поправок и т.п.;



Основные цели и задачи лётных испытаний на следующих стадиях

- *Исчерпывающее определение всех характеристик самолёта, его силовой установки и других систем;
- *Подробное определение величин и распределение аэродинамических нагрузок на различных режимах полёта;

Ту-154: легенда гражданской авиации
Среднемагистральный пассажирский самолет, относится ко второму поколению пассажирских реактивных самолетов

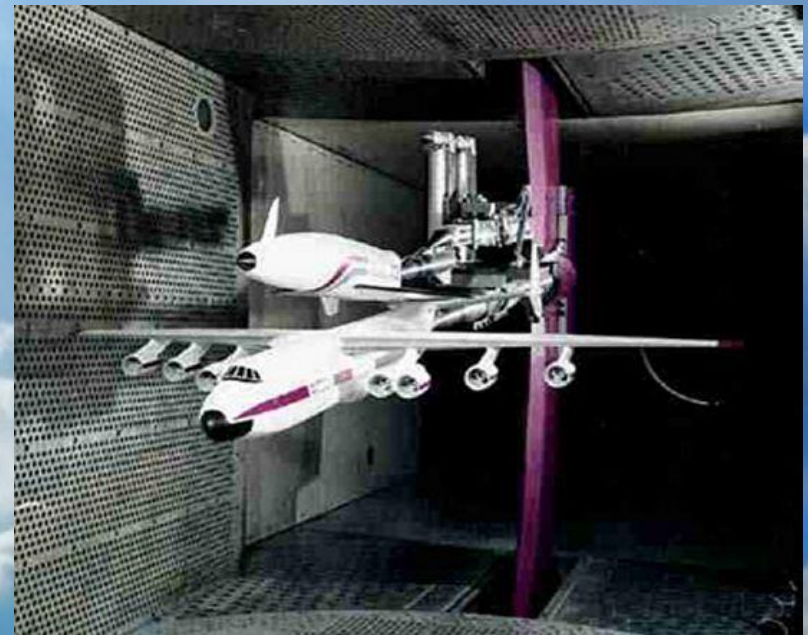
Разработчик:	ОКБ А. Н. Туполева	Всего выпущено:	Более 900 самолетов разной модификации
Первый полет:	1968 г.	Продано за рубеж:	166
Введен в эксплуатацию:	1972 г.	Потеряно в катастрофах и серьезных авариях:	64
По кодификации НАТО:	Careless («Беззаботный»)		
Производился серийно:	1968–2008 гг.		

**Технические характеристики
(модификация Ту-154М)**

Масса пустого самолета	53 т
Макс. взлетная масса	104 т
Крейсерская скорость	850–900 км/ч
Макс. скорость	935 км/ч
Дальность полета	4000 км
Количество пассажиров	164–180

Площадь крыла: 202 м²

РИА НОВОСТИ © 2010



***Проверка поведения самолёта и определение его характеристик на предельных режимах полёта, за границами эксплуатационного диапазона режимов;**



*** Доводки и определения характеристик систем, непосредственно предназначенных не для выполнения полёта, а для решения поставленных перед самолётом задач (если, например, речь идёт о военных самолётах, то такими системами являются системы наведения и прицеливания, управления оружием и защиты от атаки и т.п.).**



Задача заключается в том, чтобы избрать критерий для определения главного (или главных) из возможных направлений работы. Невыполнение требований по какой-либо из характеристик (например, по расходам топлива, экономичности и дальности полёта) может привести к необходимости весьма трудоёмких доработок, иногда существенно меняющих облик самолёта, его конструкцию или конструкцию комплектующих агрегатов.



Необходимо определить главные, стратегические цели предстоящих испытаний и подчинить всю дальнейшую работу первоочерёдному их достижению. Такой подход к испытаниям нового самолёта должен привести в конечном итоге к существенному сокращению общего цикла испытаний и сроков внедрения этого самолёта в серийное производство.



Этапы летных испытаний

Испытания МС-21

https://www.youtube.com/watch?v=uht9SSv1g_8

Первый полет с ПД-14

<https://www.youtube.com/watch?v=b-OfI1fm4Uo>

Ил112 первый полет

https://www.youtube.com/watch?v=4TG4EnqOM_4&t=185s

Ил-114-300 первый полет

<https://www.youtube.com/watch?v=DR9ZgOMU1kA>

Летные испытания серийных самолетов

L, L_{сим} - пункты измерения шума
при взлете сбоку от ВПП.
K - пункт измерения шума
при наборе высоты.
N - пункт измерения шума
при заходе на посадку.

