

На правах рукописи



Кузьмин Юрий Викторович

ИСТОРИЯ МИРОВОГО САМОЛЁТОСТРОЕНИЯ XX ВЕКА:
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАЗРАБОТКИ,
ВЫПУСКА И РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ САМОЛЁТОВ

Специальность 5.6.6 – История науки и техники

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
доктора технических наук

Москва – 2023

Диссертационная работа выполнена в Отделе истории техники и технических наук
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова
Российской академии наук

Официальные оппоненты:

Бородкин Леонид Иосифович член-корреспондент РАН, доктор исторических наук, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой исторической информатики исторического факультета ФГБОУ ВО Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

Мухин Михаил Юрьевич доктор исторических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН Институт российской истории РАН;

Чернышев Сергей Леонидович академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор, научный руководитель ФАУ ЦАГИ.

Ведущая организация ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет гражданской авиации.

Защита состоится **12 марта 2024 г. в 14 часов** на заседании диссертационного совета 24.1.064.05 при ФГБУН Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН по адресу: г. Москва, ул. Балтийская, д. 14, комн. 408. С диссертацией можно ознакомиться в ФГБУН Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН по адресу: 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 14, комн. 312 и на сайте ИИЕТ РАН <http://ihst.ru/>.

Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, направлять по адресу: 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 14; Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН (ИИЕТ РАН); тел./факс +7(495) 988-22-80.

Автореферат разослан «____» января 2024 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат исторических наук

Е.В. Минина

Общая характеристика работы

Работа содержит результаты историко-технического исследования мирового самолётостроения XX века.

Актуальность исследования. В мире в авиационных отраслях в 2018 году, последнем году до пандемии, было занято 62 млн человек¹, что составляло почти 2% трудоспособного населения планеты. В 2016 году самолёты перевезли 3,6 млрд человек; в среднем каждый житель совершал перелёт раз в два года². Хотя полёты распределены неравномерно, подобной мобильности человечества не было никогда. В России в последний допандемийный 2018 год летали заметно больше, средняя частота равнялась 0,8 полёта в год на человека³. Самолётостроение обеспечивает высокую добавленную стоимость, значительную экономическую и социальную отдачу и огромную занятость при низкой нагрузке на потребление ресурсов и окружающую среду.

Самолёты стали и одним из важнейших средств вооружённой борьбы. То, что самолёты применяются как в военных, так и в гражданских целях, позволяет на материале одной отрасли выявить закономерности развития, свойственные обеим областям техники. Наконец, авиастроение – одна из высокотехнологичных отраслей, где Россия сохраняет достойные позиции. Всё это актуализирует необходимость комплексного исследования динамики разработки, выпуска и развития конструкций самолётов в мире.

Важность самолётостроения декларируется руководящими органами РФ. Летом 2022 года Правительство России утвердило комплексную программу развития авиационной отрасли Российской Федерации до 2030 года⁴.

Актуальность исследования повышает и то, что авиация в целом и самолётостроение в частности привлекают огромное общественное внимание. Растет поток книг, журналов, электронных публикаций и видеосюжетов на авиационные темы, а также интенсивность обсуждения проблем самолётостроения в социальных сетях.

Проблема исследования. Актуальной научной проблемой является выявление закономерностей развития мирового самолётостроения в XX веке с технической точки зрения на основе создания и изучения отсутствующей до

¹ *Champion C.* Aerospace in 2050 / 31th International Congress for Aeronautical Sciences. Belo Horizonte. 2018. [Электронный документ]. URL: www.icas.org/media/pdf/ICAS_Congress_General_Lectures/2018/ICAS_2018_Champion.pdf. Дата доступа 10.09.2023. Численность работающих дана с учётом обеспечивающих предприятий.

² *Champion C.* Aerospace in 2050...

³ *Нерадько А.В.* Об итогах работы Федерального агентства воздушного транспорта в 2018 г., основных задачах на 2019 год и среднесрочную перспективу / Коллегия Министерства транспорта России 14.03.2019. [Электронный документ]. URL: www.aex.ru/docs/2/2019/3/17/2890/print/. Дата доступа: 10.09.2023.

⁴ Правительство РФ. Распоряжение от 25 июня 2022 N 1693-р. О комплексной программе развития авиационной отрасли Российской Федерации до 2030 года. [Электронный документ]. URL: docs.cntd.ru/document/350899839. Дата доступа: 10.09.2023.

работ автора общей количественной картины динамики разработки, выпуска и развития конструкций самолётов.

Гипотеза исследования состоит в предположении, что разработка и применение методики универсального параметрического описания самолетов при наличии полной базы данных о них, созданной в результате изучения и сравнительного анализа количественных и качественных показателей разработанных и построенных самолетов, позволит выявить закономерности развития мирового самолётостроения.

Объект исследования: мировое самолётостроение XX века как техническая отрасль и её продукция: самолёты, созданные в мире в XX веке.

Предметом исследования являются:

1. Динамика интенсивности НИОКР (научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ) в самолётостроении в мире в целом и по отдельным странам и классам самолётов.
2. Динамика производства самолётов в мире в XX веке, с учётом роли отдельных стран и конструкторских школ в развитии самолётостроения XX века.
3. Эволюция конструкций самолётов, их технических характеристик.
4. Закономерности развития мирового самолётостроения и конструкций самолётов как в целом, так и по отдельным направлениям (боевые самолёты, пассажирские, авиация общего назначения, сельскохозяйственные самолёты).
5. Пионерские конструкции, технические приоритеты в области самолётостроения.

Целью исследования является решение крупной теоретической и прикладной проблемы методологического и инженерно-конструкторского обеспечения практического авиастроения – разработки теоретических основ и подбора инструментальных средств анализа большой совокупности разнородных данных для поддержки принятия практических авиаконструкторских решений. Декомпозиция общей цели исследования позволят выделить частные цели (подцели): составить общую количественную картину развития самолётов мира в XX веке, их разработки и производства, собрав сведения о характеристиках, особенностях конструкции и выпуске созданных за век самолётов мира и, основываясь на ней, провести комплексный анализ истории отрасли, выявив особенности и закономерности развития мирового самолётостроения, возможно, являющиеся проявлением более общих закономерностей развития техники, а также закономерности в развитии и производстве отдельных классов самолётов.

В соответствии с целью, объектом, предметом и выдвинутой научной гипотезой сформулированы следующие **задачи**:

1. Сбор, проверка и приведение к сравнимому виду данных о развитии конструкций самолётов мира в XX веке, их проектировании и производстве.

2. Вычленение и структурирование информации, представление её в виде, пригодном для обработки, в том числе, с использованием математических методов.
3. Построение общей картины развития мирового самолётостроения с учётом количественных и качественных показателей.
4. Выявление закономерностей развития мирового самолётостроения в целом и в ведущих авиастроительных странах, в том числе, СССР/России.
5. Выявление особенностей развития отдельных классов самолётов.

Хронологические рамки исследования: XX век, с начала 1901 и до конца 2000 года. В XIX веке создано лишь несколько экспериментальных самолётов, ни одного управляемого полёта совершено не было. В 1901 и 1902 годах строились единичные неудачные конструкции. В декабре 1903 года братья Райт впервые совершили несколько успешных полётов. Бурное развитие авиации началось в 1906–1907 годах, и выбор начальной точки в 1901 году охватывает практически всю историю самолётостроения. За пределами хронологических рамок остаются лишь немногочисленные не летавшие аппараты XIX века.

Территориальные рамки исследования: весь мир. В XX веке самолёты строили более чем в 70 странах, в том числе в Гане, Парагвае, Эфиопии. Все они учтены в работе, и сведения о них повлияли на суммарные результаты.

Историография и степень разработанности темы. В XX веке авиация привлекала огромное внимание общества, и число публикаций по производству самолётов и развитию их конструкций, крайне велико. Среди них тысячи книг и сотни журналов, в которых за век опубликованы сотни тысяч статей.

Первые обзорно-аналитические статьи по истории и развитию авиации относятся к 1907 году. Среди них выделяется редакторская статья «Летающие машины сегодня и завтра»⁵. В 1909 году конструктор Фербер, написал книгу об истории и перспективах авиации, в 1910 году её перевели на русский язык⁶. В 1911 году Л.З. Маркович опубликовал книгу по истории воздухоплавания, в которой был и большой раздел «История летательных аппаратов тяжелее воздуха»⁷ – первую российскую книгу по истории авиации.

Среди пионеров историографии самолётостроения был англичанин Frederick T. Jane, выпустивший в 1909 году иллюстрированный альбом «Воздушные корабли (аэропланы и дирижабли) всего мира»⁸. Ф.Т. Джейн был первым, кто в систематизированном виде начал собирать сведения о характеристиках летательных аппаратов, особенностях их конструкции и о выпуске. В 1911 году в Германии Воррайтер начал издавать «Ежегодники

⁵ *Machines volantes d'aujourd'hui et de demain // L'Aerophile*, 1907. № 3. P. 59–66.

⁶ *Фербер Ф.* Авиация, её начало и развитие. Перевод с французского. Киев: 1910. 274 с.

⁷ *Маркович Л.З.* История летательных аппаратов тяжелее воздуха / Воздухоплавание: его прошлое и настоящее. СПб.: Просвещение. 1911. 408 с. С. 353–393.

⁸ *Jane Fred T.* All the world's Airships (Aeroplanes & Dirigibles). First issue. London: William Glowes & Sons. 1909.

авиации»⁹, но после начала войны выпуск прекратился. В 1912 году авиационный ежегодник появился и в России, он также просуществовал недолго¹⁰. С 1911 года число книг об истории самолётостроения увеличилось. Так, в книге Грэхема-Уайта и Харпера сочетались исторический обзор и прогнозы¹¹. Она включает изложение истории развития планеров и самолётов с первых попыток, которые авторы датируют XII веком, и до полётов Блерио и Латама. Вероятно, это первая книга с изложением именно всемирной истории авиации.

Большое внимание в этот период уделялось авиационным патентам, патентному законодательству и патентным спорам. Первую обобщающую книгу по этому направлению истории самолётостроения опубликовал Р.М. Найлсон¹².

Первая статья именно об авиапромышленности была опубликована во Франции в июле 1909 года и называлась «Существует ли авиационная промышленность?»¹³. Первая мировая война (ПМВ) на несколько лет прервала исследования по истории авиации.

Затем обобщающие материалы по истории авиации и самолётостроения в США публиковались в «Самолётных ежегодниках», издаваемых Ассоциацией авиапроизводителей с 1919 года¹⁴. В 1920 году подобное ежегодное издание начало издаваться и во Франции¹⁵.

Постепенно расширялась география исследований. В 1930 году появилась книга об истории авиации в Азии, а именно, во французском Индокитае¹⁶.

В конце 1930-х годов наблюдается спад в выпуске авиационно-исторической литературы, усилившийся в годы Второй Мировой войны (ВМВ), но после окончания ВМВ интерес к истории самолётостроения вновь вырос во всём мире. В СССР с 1945 до середины 1950-х годов много изданий, например, изданная большим тиражом книга «Даты истории отечественной авиации и воздухоплавания»¹⁷, содержали недостоверную информацию. Появлялись и профессиональные исследования¹⁸, основанные на архивных документах, но они часто оставались недоступными читателю, распространяясь лишь среди специалистов.

С 1950-х годов поток авиационно-исторической литературы во всём мире быстро и постоянно рос. С 1970-х годов по наблюдению автора непропорционально много книг и журналов по этой тематике, в сравнении с

⁹ Vorreiter A. Jahrbuch der Luftschiffahrt 1911. Berlin: Leimanns Verlag. 1911. 507 s.

¹⁰ Вейгелин К.Е. Воздушный справочник на 1912 г.: сборник справочных сведений по всем вопросам передвижения в воздухе. СПб.: типография П.П. Сойкина. 221 с.

¹¹ Grahame-White C., Harper H. The Aeroplane. London: T.C. & E.C. Jack. 1910. 280 p.

¹² Neilson R.M. Aeroplane patents. N.-Y.: D. Van Nostrand Co. 1910. 89 p.

¹³ Roux A.-C. Existe-t-il une industrie de l'aviation? // Etudes scientifiques et industrielles. 1909. No 4 (Juillet). P. 3–8.

¹⁴ Первый выпуск: Aircraft Year Book 1919. N.-Y.: Manufacturers Aircraft Association Inc. 1919. 398 p.

¹⁵ Dollfus C.H., Hirschauer L. L'annee aeronautique 1919–1920. 166 p.

¹⁶ Historique de l'Aeronautique d'Indochine. Imprimerie d'extreme-orient. Hanoi: 1930. 89 p.

¹⁷ Шестерикова А. Даты истории отечественной авиации и воздухоплавания. М.: ДОСААФ. 1953. 282 с.

¹⁸ Например, АНТ-5. Документальная история. ОКБ завода № 156. Февраль 1949 г. 30 с.

мощностью национальной авиапромышленности, выходило в Чехословакии и, особенно, в Польше.

Много внимания теории развития самолётов уделяли профессора Военно-воздушной академии В. С. Пышнов¹⁹ и В. Ф. Болховитинов²⁰. В их книгах удачно сочетались исторический и инженерный подходы. Болховитинов численно оценивал совершенство конструкции, основываясь на своём уравнении существования самолёта. В 1991 году книгу о развитии конструкций самолётов выпустили Виноградов и Пономарёв²¹.

Среди трудов по истории авиапромышленности в США выделяются книги группы Лорелла. Эта группа под руководством Хьюга Лево²² готовит базы данных по моделям самолётов США, изучает количество авиастроительных фирм и их финансовые результаты²³. В рамках той же концепции написана и книга Паттийо²⁴.

Отчёты о производстве самолётов в США и анализ истории и тенденций производства ежегодно публикует ассоциация GAMA (General Aircraft Manufacturer's Association)²⁵.

Среди книг с анализом развития авиационных конструкций и производства самолётов в США упомянем работу Штоффа²⁶ и исследования о самолётостроении Канады²⁷.

Плохо изучена история самолётостроения Франции. Опубликованы лишь отрывочные данные о разработке и выпуске самолетов, которые часто противоречат друг другу.

Самым первым аналитическим российским трудом по авиастроению является книга Рынина²⁸. Анализ развития авиастроения России проведен в книге В.Б. Шаврова²⁹, а именно, в главах 4 (период до 1917 года) и 11 (1918–1937 годы). Во втором томе (1938–1950 годы) такого анализа нет. Впервые достоверные данные о выпуске самолётов в СССР до 1945 года появились в двухтомнике «Самолётостроение в СССР», вышедшем в 1992 г.³⁰ Содержательна книга «История отечественной авиапромышленности»³¹, где в

¹⁹ Пышнов В.С. Из истории летательных аппаратов. М.: Машиностроение. 1968. 128 с.

²⁰ Болховитинов В.Ф. Пути развития летательных аппаратов. М.: Оборонгиз. 1962. 130 с.

²¹ Виноградов Р.И., Пономарёв А.Н. Развитие самолётов мира. М.: Машиностроение. 1991. 384 с.

²² Lorell M.A., Levaux H.P. A half century of U.S. fighter aircraft R&D. Washington: RAND. 1998. 221 p.

²³ Lorell M. The U.S. combat aircraft industry. Washington: RAND. 2003. 133 p. ISBN 0-8330-3366-2.

²⁴ Pattillo D.M. Pushing the envelope: the American aircraft industry. Ann Arbor: Univ. of Michigan press. 1998. 462 p.

²⁵ GAMA annual reports. Электронный документ. URL: gama.aero/facts-and-statistics/statistical-databook-and-industry-outlook/. Дата доступа 01.03.2023.

²⁶ Stoff J. Picture history of WW2 American aircraft production. N-Y: Dover. 1993. 160 p. ISBN 0-48627-618-X.

²⁷ Molson K.M., Taylor H.A. Canadian aircraft since 1909. Ontario: Canadian's Wing. 1982. 530 p. ISBN 0-9200021-10.

Fuller G.A., Griffin J.A., Molson K.M. 125 years of Canadian aeronautics. Ontario: CAHS. 1983. 328 p

²⁸ Рынин Н.А. Экономика и техника аэротранспорта. Петроград: Academia. 1922. 248 с.

²⁹ Шавров В.Б. История конструкций самолётов в СССР до 1938 г. 3-е изд. М.: Машиностроение. 1985. 752 с.

³⁰ Самолётостроение в СССР (1917–1945). Книга I / Бюшгенс Г.С. (ред.) М.: ЦАГИ. 1992. С. 413–435.

³¹ История отечественной авиапромышленности. / Соболев Д.А. (ред.). М.: Русавиа. 2011. 431 с.

«Приложении» суммированы данные о выпуске самолётов в СССР и дан их анализ.

В учебниках по конструкции самолётов история вопроса обычно излагается кратко и поверхностно³². Книг и статей, посвящённых именно развитию конструкций самолётов, относительно немного. В качестве положительного примера приведем книгу Д.А. Соболева³³, снабжённую научно-справочным аппаратом. Им также подробно изучена история одной из аэродинамических схем³⁴. Вместе с тем такие важные вопросы, как история управления по крену или развитие убираемого шасси, изучены недостаточно³⁵.

Проведя *историографическое исследование*, автор пришёл к выводу, что, несмотря на большой интерес научного сообщества и широкой публики к истории самолётостроения и огромное количество публикаций, единая картина производства самолётов в мире и развития их конструкций никогда не была построена. Это, вероятно, связано с очень большой трудоёмкостью такой задачи. Автор убеждён, что применение количественных исторических методов, которые в СССР и в России развивали И.Д. Ковальченко³⁶ и его последователи³⁷, ко всей истории мирового самолётостроения, позволит достигнуть поставленной в диссертации цели и принесёт новое научное знание.

Если производство авиатехники в ведущих странах в годы Мировых войн достаточно полно освещено в исторических трудах, то выпуск самолётов в мире в другие периоды не описан. Отрывочные данные в различных работах часто противоречат друг другу, а численные данные, бывают неверны. Работы, содержащие статистические данные о выпуске и характеристиках самолётов, касаются либо отдельных стран, либо отдельных подотраслей (например, изучения магистральных пассажирских самолётов), либо отдельных временных периодов, чаще всего вокруг двух мировых войн.

Источниковая база. При сборе исходных данных использованы свыше 13100 источников на 28 языках, опубликованные с 1901 по 2023 годы. Этот корпус источников применён для создания двух основных массивов данных, подвергнутых затем анализу:

1. сведений о создании новых моделей самолётов и их выпуске по годам, сведений о конструкторах и самолётостроительных компаниях;
2. характеристик типов и моделей самолётов в формализованном виде: около 70 качественных показателей, описывающих особенности конструкции каждого

³² Например, Шульженко М.Н., Мостовой А.С. Курс конструкций самолётов. 2 изд. М.: Машиностроение. 1965.

³³ Соболев Д.А. История самолётов мира. М.: Русавиа. 2001. 620 с.

³⁴ Соболев Д.А. Столетняя история летающего крыла. М.: Русавиа. 1997. 287 с.

³⁵ Кузьмин Ю.В. История создания убирающегося шасси // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4. С. 100–109.

³⁶ Ковальченко И.Д. Методы исторического исследования. М.: Наука. 2003. 486 с. Часть 2: Количественные методы в историческом исследовании. С. 296–453.

³⁷ Например, Гарскова И.М. Исторические исследования и цифровая история, или сколько истории в цифровой истории // Историческая информатика. 2021. № 1. С. 174–181.

типа, и около 40, в основном, количественных показателей, в том числе, лётно-технических характеристик (ЛТХ), относящихся к каждой из 22700 моделей.

Также собраны данные о 2300 компаниях и 8300 персоналиях, участвовавших в развитии авиастроения XX века, описаны свыше 17000 событий (перелёты, рекорды и т.д.)

Проведённый автором *источниковедческий анализ* показал, что сбор информации, необходимой для решения поставленных исследовательских задач, возможен. В результате исследования источников были исправлены многие ошибки в истории самолётостроения, тиражируемые известными авторами, в том числе, касающиеся производства самых знаменитых самолётов, таких, как немецкий бомбардировщик Ju.87³⁸.

Эмпирической базой исследования послужили данные мировой статистики самолётостроения. В качестве генеральной совокупности выступили все построенные в мире в XX веке самолёты.

Теоретико-методологическая основа исследования. Для решения поставленных задач использовалась методология историко-технических исследований:

- сравнительно-исторический метод, включая метод охватывающих сравнений, применялся для изучения особенностей развития в различных странах, что позволило измерить степень взаимовлияния конструкторских школ различных стран и регионов и, напротив, определить степень независимости развития;
- историко-генетический (ретроспективный) метод, позволяющий изучить качественные переходы в развитии отрасли как в техническом (изменение конструкций и их характеристик), так и социально-экономическом аспектах (изменение объема производства, его концентрации, изменение назначения производимых летательных аппаратов);
- проблемно-хронологический метод, а также частные методы историко-научного анализа авиационно-технических и историко-технических данных, применяемые на разных этапах авиастроения (антикваристский метод) в сочетании с современными методами анализа больших данных (big data, презентистский метод);
- выявление общих закономерностей на основе собранных количественных данных (номогенетический метод).

Формируя теоретико-методологическую базу исследования, автор использовал системный подход, что выразилось в изучении комплекса различных параметров исторического явления: динамики разработки и производства, качественных и количественных характеристик самолётов, числа самолётостроительных компаний, времени нахождения конструкций в производстве и т.д. Особенность работы в том, что суммарные сведения о производстве самолётов мира агрегировались на основе данных по производству каждой модели. Всего собрано 44000 записей о выпуске 22700 моделей самолётов XX века.

³⁸ Кузьмин Ю.В. Сколько было Junkers Ju 87? / Легенды и мифы авиации. Вып.6. М.: 2014. С. 129–137.

Гетерогенный характер информационных ресурсов и их значительный объем исключали возможность их ручной обработки, что потребовало прибегнуть к методам математического моделирования и компьютерных вычислений. Данные анализировались математико-статистическими методами. Выявление количественно измеряемых величин, численное сравнение динамических рядов позволяют говорить о широком применении методов клиометрики³⁹ и клиодинамики⁴⁰.

Главное в методологии диссертационного исследования – разработанный автором комплексный метод анализа количественных и качественных показателей авиационных конструкций.

Научная новизна исследования определяется получением совокупности новых знаний, выраженных в комплексе теоретических и прикладных выводов и положений и заключается в следующем.

Впервые представлена количественная картина развития конструкций самолётов и динамики их разработки производства в мире в XX веке.

Впервые выявлена динамика не рекордных показателей, а средневзвешенных характеристик самолётов каждого периода. Усреднение происходило как по выпуску (это иллюстрирует уровень продукции авиапромышленности), так и по новым разработкам (что соответствует уровню НИОКР). Временной шаг динамических рядов – один год, с 1901 до 2000 года включительно.

Впервые рассчитан вклад в развитие мирового самолётостроения XX века отдельных предприятий и стран, в том числе, России/СССР.

Новизна методологии состоит в отказе от использования сводных данных в пользу сбора данных как о характеристиках, так и о выпуске моделей самолётов одна за другой, а также в объеме собранного материала, в организации информации и методах её анализа.

Собраны сведения о более чем 22700 моделях самолётов XX века⁴¹. Для каждой модели фиксировались:

- подробное описание конструкции: аэродинамической схемы, конструктивных особенностей, используемых материалов (около 70 формализованных параметров);
- массогабаритные характеристики и лётные данные (около 40 параметров);
- сведения о силовой установке, вооружении, оборудовании, полезной нагрузке;
- разработчики и производители (компания или ОКБ, ведущие конструкторы);
- год создания, даты основных событий, связанных с моделью;
- сведения о производстве по годам (44000 записей).

³⁹ Бородин Л.И. Клиометрика / Теория и методология истории. Волгоград: Учитель, 2014. С. 440–446.

⁴⁰ Турчин П.В. Математическое моделирование исторических процессов. Клиодинамика / Там же. С. 447–459.

⁴¹ Для сравнения: в энциклопедии *Taylor M.J.H. Jane's encyclopedia of aviation*. London: Jane's Publishing Co. Ltd. 1993. 976 p. ISBN 1-85170-324-1 перечислены чуть больше 5000 моделей (посчитано по индексу в конце книги).

Новизна заключается и в том, что сравнение мощностей авиапромышленностей стран и регионов производилось не только по количеству произведённых самолётов, но и по их общей массе. Такая методика применялась в отчётах ВВС США по рекомендации экономиста В.В. Леонтьева⁴² и в отчётах Федеральной администрации США⁴³, но для изучения истории всего мирового самолётостроения, насколько известно автору, она не использовалась. Масса пропорциональна материалоёмкости и хорошо коррелирует с трудоёмкостью, поэтому сравнения по общей массе позволяют нивелировать различия в структуре выпуска и точнее отражают относительную мощность промышленных предприятий.

Исходные данные собраны и структурированы в виде, допускающем применение для их анализа математических методов. Данные используются для изучения динамики большого набора средневзвешенных величин, описывающих самолётостроение, и выявления закономерностей развития технической отрасли. Новые знания, полученные в результате такого анализа, легли в основу положений, выносимых на защиту.

Применённый подход позволил выявить и многочисленные лакуны в знаниях об истории самолётостроения. Так, выяснилось, что отсутствуют надёжные сведения о выпуске знаменитых французских истребителей «Nieuport» в годы ПМВ⁴⁴.

Итак, научная новизна диссертационной работы состоит:

1. В значительно увеличенном по сравнению с другими исследованиями объёме данных.
2. В расширенном диапазоне анализируемых для каждой модели самолёта показателей (70 качественных параметров и около 40 количественных).
3. В восстановлении количественной истории мирового самолётостроения XX века.
4. В применении математических методов, в том числе, нестандартных для историко-технических исследований, помогающих выявить тренды и закономерности.
5. В использовании многомерного анализа со сравнением динамики показателей как по производству в штуках, так и по производству в тоннах, как средних по выпуску, так и по характеристикам новых моделей.
6. В выявлении математическими методами статистически значимых закономерностей развития мирового самолётостроения.

Теоретическая значимость состоит в разработке методологии количественного анализа самолётостроения и разработке принципов и основных подходов нового научного направления – авиаметрики, или, при распространении на другие технические отрасли, технометрики. Её

⁴² United States Air Forces statistical digest 1947. Washington: Office of statistical control. 1948. P. 119–130.

⁴³ Например, FAA Statistical Handbook of Aviation. Washington: FAA. 1961. P. 67.

⁴⁴ Кузьмин Ю.В. Производство самолётов во Франции в годы Первой мировой войны / Легенды и мифы авиации. Вып. 8. М.: Русские Витязи. 2017. С.59–73.

характерными особенностями являются использование для изучения истории техники динамики средневзвешенных величин, а не рекордных показателей или характеристик наиболее популярных моделей, а также сопоставление динамики различных показателей, в том числе, динамики разработок, выпуска, технических характеристик, частоты применения технических решений с целью выявления общих закономерностей.

Практическая значимость работы заключается в структурировании большого количества материала по развитию конструкций и производству самолётов, в выявлении долговременных тенденций в отрасли, в уточнении места России/СССР в истории самолётостроения. Осуществлен переход от анализа отдельных групп самолетов к массовому анализу всей совокупности авиаконструкторских показателей.

В результате анализа развития конструкций самолётов и их успеха или неуспеха сформулирован ряд рекомендаций для отрасли. Изучение темы позволяет на основании полученных выводов предложить комплекс технических и технологических решений, а также инженерные алгоритмы проектирования авиационных конструкций, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие самолетостроительной отрасли страны.

Практическая значимость заключается и в выявлении статистическими методами повторяющихся в развитии техники ситуаций, то есть, закономерностей развития техники. Часть обнаруженных закономерностей сформулирована в виде положений, выносимых на защиту, и может быть применена при планировании деятельности отрасли.

Практическая ценность состоит и в разработке структуры базы историко-технических данных, запросов, системы справочников. Методика организации результатов и их анализа, в том числе, применение таких нестандартных для истории техники методов, как кластерный анализ, индексы Херфиндаля-Хиршмана и Джини, скользящие коэффициенты корреляции и т.д., будет полезна при изучении других отраслей техники.

Материалы по истории самолётостроения XX века могут быть использованы в учебных пособиях для студентов авиационных ВУЗов, обучающихся по специальностям «самолётостроение», «двигателестроение», «организация машиностроительного производства», «эксплуатация авиационной техники», а также при повышении квалификации авиаинженеров и авиаконструкторов.

Положения, выносимые на защиту. Автором восстановлена количественная история мирового самолётостроения XX века. В результате выявлен ряд закономерностей развития мирового самолётостроения. Некоторые из них выносятся на защиту, в том числе:

1. Закономерности выпуска:

- *Высокая степень концентрации производства.* В XX веке свыше 90% всех самолётов построили в 6 странах, в том числе 44% общего выпуска – в США.

СССР/Россия на втором месте, далее следуют Великобритания, Германия, Франция и Япония.

- *Монотонное снижение доли боевых самолётов во второй половине XX века.* В конце века большая часть отрасли работала на производство гражданских самолётов, 75% усилий (по массе продукции) направлялось на выпуск пассажирских авиалайнеров.

2. Закономерности разработок:

- *При переходе от стадии экспериментов к фабричному производству происходит уменьшение числа конструкторских коллективов и, как следствие, числа новых разработок.* Выявлен не замеченный ранее кризис 1911 года: в это время повсеместно произошло снижение и числа предприятий, и количества новых моделей.
- *Меньшая волатильность временной динамики и географического распределения разработок по сравнению с производством: создать новые конструкторские мощности гораздо сложнее, чем нарастить производство;*
- *Невозможность быстро нарастить интенсивность НИОКР в сложившейся отрасли* даже при необходимости: в годы ВМВ число новых разработок не выросло;
- *Инерционность мышления конструкторов* велика. Доля новых моделей, создаваемых по устаревшей технологии, снижается медленнее, чем доля самолётов, строящихся по такой же технологии. То есть, производство перестраивается быстрее, чем конструкторы.

3. Закономерности развития:

- *Выявлены фазы развития техники:* поиска, роста, зрелости, антиквариата. Во время первой фазы решения хаотически меняют друг друга, существует много линий развития. Во второй фазе разнообразие уменьшается, выявляются наиболее перспективные решения, но они живут недолго, происходит быстрая смена поколений. В результате быстро растут, иногда при этом заметно флуктуируя, основные абсолютные и удельные характеристики изделий. Во время фазы зрелости смена поколений технических решений сменяется их сосуществованием, рост характеристик резко замедляется или полностью прекращается. Фаза антиквариата замораживает состояние техники, занимающей теперь узкую часть рынка, прежде всего, в области престижного спроса и развлечений.
- *Синхронность фазового перехода:* точка смены фаз (время изменения трендов поведения показателей) одна и та же при измерении различных характеристик: смены конструкционных материалов, аэродинамических схем, схем силовых установок, схем шасси, количественных параметров: скоростей, масс, и даже параметров, характеризующих отрасль в целом: например, доли моделей, строящихся серийно.

4. Закономерности эволюции конструкций:

- *Стабилизация характеристик изделий в рыночных подотраслях:* начиная с некоторого уровня основные характеристики как самолётов, находящихся в производстве, так и новых моделей фиксируются на одном уровне, попытки создать лучшие с инженерной точки зрения самолёты не приводят к росту востребованности;
- *Агоническая реакция на кризисы:* во время спада продаж активность конструкторов растёт. Это не приводит к росту спроса и только усугубляет положение фирмы. Такое поведение встречается в различных странах в разные времена: во время Великой депрессии, спада авиации общего назначения 1980-х годов и в России в 1990-е годы.

Все закономерности подтверждены статистически значимым анализом накопленных автором данных о создании, производстве и характеристиках самолётов XX века.

На защиту выносятся и некоторые методические новшества в истории науки и техники:

1. Методика исследования истории отрасли путём *сопоставления динамики поведения средневзвешенных характеристик* по выпуску и средних показателей по разработкам;
2. Эффективность сравнения динамик различных показателей производства: в штуках, тоннах, пассажиро-местах.
3. Методика сравнения динамики интенсивности производства и НИОКР с динамикой технических характеристик и смены поколений технических решений;
4. Способ определения границ фаз развития техники по смене тренда количественных и качественных показателей, характеризующих как конструкции, так и отрасль в целом.

Соответствие содержания работы паспорту научной специальности.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 5.6.6 – история науки и техники (отрасль науки – технические), а именно – пунктам 1, 5, 7, 10 направлений исследования⁴⁵:

1. Исторический анализ становления и развития науки и техники.
5. Обобщение историко-научного материала с целью воссоздания целостной картины становления и развития отдельных наук и отраслей научного знания.
7. Исследование основных тенденций и закономерностей становления и развития отдельных наук или отраслей научного знания.
10. Исследование качественных изменений и исторических переходов от одного состояния отдельных отраслей науки к другому для осуществления прогнозирования развития отдельных наук и отраслей научного знания.

В работе на основе исследования всей совокупности фактов проведён исторический анализ становления и развития важной отрасли техники,

⁴⁵ Паспорт научной специальности 5.6.6 «История науки и техники» (отрасль науки – химические, технические).

мирового самолётостроения XX века и объектов техники – продукции отрасли, самолётов, созданных в XX веке.

Степень достоверности полученных результатов обеспечивается репрезентативностью собранных и проанализированных фактических данных, на которых основываются разработанные в диссертации научные положения, применением отработанного научно-методического и математического аппарата и подтверждается апробацией результатов на многочисленных научно-практических конференциях и обсуждениях с экспертами. Проверка результатов исследования осуществлялась посредством сопоставления и комбинирования количественных и качественных данных и сравнения их с результатами других опубликованных исследований.

Апробация. Основные результаты работы апробированы в двух докладах на всемирном конгрессе ICAS (International Congress for Aeronautical Sciences) в 2014 и 2018 годах. Сделано свыше тридцати докладов на научных конференциях, в т.ч. пленарных⁴⁶.

Результаты апробировались на заседаниях Учёного совета Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, заседаниях Центра экономической истории исторического факультета МГУ, собрании НИИ (военной истории) Военной академии Генерального штаба ВС РФ, на заседаниях отделения научно-технической информации ЦАГИ, на семинаре сектора истории экономики Института экономики РАН, на семинарах исторической секции Академии наук авиации и воздухоплавания. Результаты использовались при создании постоянной экспозиции центра «Космонавтика и авиация» в павильоне «Космос» ВДНХ, научным консультантом которой был автор работы, и в ряде выставок в наукоградах.

Публикация результатов исследования. По теме диссертационного исследования автором лично опубликовано около 100 работ общим объёмом свыше 135 авторских листов и в соавторстве 3 книги общим объёмом 38 авторских листов. Среди них: 2 книги автора, 3 монографии, написанные в соавторстве, 3 главы в коллективных монографиях, 15 статей в журналах, рекомендуемых ВАК РФ для публикации основных результатов диссертации на соискание ученой степени доктора наук, 20 статей в других рецензируемых журналах, более 25 статей в рецензируемых научных сборниках и 30 докладов, опубликованных в сборниках материалов международных и всероссийских конференций.

Структура и объем диссертации соответствует логике проведенного исследования. Она состоит из введения, пяти глав, заключения, словаря терминов и сокращений, списка литературы и источников, цитируемых в тексте работы, и отдельного тома приложения.

⁴⁶ Yuri V. Kuzmin. USSR and Russia passenger airplane production in 20th century / 2023 XX Technical Scientific Conference on Aviation Dedicated to the Memory of N.E. Zhukovsky (TSCZh). 6 p. Moscow: IEEE. 13–14.04.2023.

Основное содержание диссертации

В первой главе «Методология исследования» уточнены понятийный аппарат (раздел 1.1) и проведен историографический анализ (раздел 1.2). В работе под «самолётом» понимается летательный управляемый аппарат тяжелее воздуха многоразового использования (в отличие от самолётов-снарядов и летающих мишеней), имеющий экипаж (в отличие от БПЛА) и силовую установку (в отличие от планеров), в котором большая часть подъёмной силы создаётся крылом или фюзеляжем (в отличие от вертолёт, автожиров и других схем).

В разделе 1.3 вводятся понятия «класс», «тип» и «модель» самолёта, применяемые при группировке данных о конструкциях и выпуске.

Показано, что установление модели самолёта, упомянутого в тексте – нетривиальная задача, особенно в начале XX века и для любительских конструкций. Так, самолёты могли называться по имени конструктора, владельца фирмы, самой фирмы, покупателя, лётчика, который на нём летал, спонсора и т.д. или просто как «ещё одна модель»⁴⁷.

Подробно описана источниковая база и методы работы с ней (раздел 1.4). Основные группы источников следующие:

1. Официальные документы. Среди них государственные реестры самолётов, руководства по лётной эксплуатации, по ремонту, технические описания, руководства по использованию аэродромов, акты испытаний и т.д.
2. Документы обществ, ассоциаций и предприятий (отчёты Императорского аэроклуба, ОДВФ, ассоциации авиапроизводителей США, документы Федеральной авиационной администрации США (FAA), протоколы спортивных состязаний, каталоги выставок, отчёты и реклама авиастроительных компаний и т.д.).
3. Энциклопедии и справочники, в т.ч. ежегодники «Jane's all the world's aircraft»; «Aircraft Yearbook» и другие, издания по отраслям авиастроения и истории фирм.
4. Периодические издания, начиная с 1901 года: это один из основных источников.
5. Каталоги авиационных салонов, выставок, рекламная продукция.

Ряд реестров самолётов публикуется официально, среди них и российский государственный реестр гражданских воздушных судов⁴⁸. Исторические реестры публикуют и сообщества энтузиастов как в исходном текстовом виде⁴⁹, так и в виде баз данных⁵⁰.

⁴⁷ Another Curtiss flying boat // Aeronautics. 1913. № 6. P. 212–214.

⁴⁸ Государственный реестр гражданских воздушных судов российской федерации. Электронный документ. URL: <https://favt.gov.ru/opendata/7714549744-gosreestrivs/>. Дата доступа 01.08.2023

⁴⁹ Golden years of aviation. Электронный документ. URL: airhistory.org.uk/gy/reg_index.html. Дата доступа 01.08.2023.

⁵⁰ One-stop aviation info. Электронный документ. URL: <https://www.airport-data.com/>. Дата доступа 01.09.2023.

Весьма точной является информация о производстве и продажах на сайтах публичных акционерных обществ, например, Airbus⁵¹. Данные же небольших фирм часто завышены.

Огромную помощь оказал вице-президент GAMA Хенниг (Jens C. Hennig), предоставив таблицу производства год за годом самолётов общего назначения в США с 1947 по 2020 годы, созданную на основе внутренних отчётов GAMA. Всего в ней учтены 426234 экземпляра самолётов, это 20% мирового выпуска за XX век⁵².

В США в открытом доступе имеются статистические отчёты Авиакорпуса США и ВВС США с полной информацией о закупках⁵³, отчёты GAMA⁵⁴ (General Aircraft Manufacturer Association). Следует отметить серию обзоров о гражданской авиапромышленности, ежегодно публикуемых комиссией по внешней торговле⁵⁵.

В части технических характеристик самыми достоверными документами являются сертификаты типа⁵⁶, технические описания, руководства по лётной эксплуатации, по ремонту, по использованию аэродромов (именно в них приводятся точные размеры самолётов), акты об испытаниях и другие официальные документы.

Большую пользу оказали дайджесты «Техническая информация», издаваемые по материалам иностранной печати в ЦАГИ. Дайджест продолжает выходить под наименованием «Экспресс-информация: Авиационная и ракетная техника». В 2018–2021 годах в написании рефератов для издания принимал участие и автор⁵⁷. Активно использовались архивные документы, в том числе, опубликованные в пятитомнике «История создания и развития оборонно-промышленного комплекса России и СССР. 1900–1963»⁵⁸.

Огромный объем информации содержится в ежегодниках «Jane's all the world's aircraft», издаваемых в Великобритании с 1909 года. Особенно полны разделы об авиации Великобритании и США, но главы о советской авиации содержат множество неточностей.

⁵¹ Airbus. Orders and Deliveries. Электронный документ. URL: airbus.com/aircraft/market/orders-deliveries.html. Дата доступа 11.09.2023.

⁵² GAMA aircraft production table 1947–2020 / Prepared by Hennig J.C.

⁵³ Напр., United States Air Force Statistical Digest, fiscal year 1977. 32th edition. Publication: 31 May 1978. 240 p.

⁵⁴ GAMA annual reports. Электронный документ. URL: gama.aero/facts-and-statistics/statistical-databook-and-industry-outlook/. Дата доступа 01.09.2023

⁵⁵ Например, The changing structure of the global large civil aircraft industry and market: implications for the competitiveness of the U.S. industry. Washington Investigation № 332–384. Publication 343. 228 p.

⁵⁶ Сертификаты типа, аттестаты, карты данных гражданских воздушных судов. М.: Федеральное агентство воздушного транспорта. Электронный документ. URL: favt.gov.ru/sertifikaciya-avia-tehnika-grajzdanskih-sudov-dvigatelye-sertifikaty-tipa-attestaty/. Дата доступа 01.09.2023.

⁵⁷ Последний, 162-й, подготовленный автором реферат: Программы разработки сверхзвуковых пассажирских самолётов // Экспресс-информация ЦАГИ. 2021. № 4 (Высокоскоростная аэрогидросредная техника). С. 1–5.

⁵⁸ Первый том: История создания и развития оборонно-промышленного комплекса России и СССР. 1900–1963: Док. и материалы. Т.1. Военная промышленность в России в начале XX века. 1900–1917. / Саен Л.Я. (ред). М.: Министерство обороны РФ, Федеральное архивное агентство. 832 с. ISBN 5-94881-037-2.

В последние годы исследователям стали доступны многочисленные авиационные журналы с самого зарождения авиации. Около трёх лет в свободном доступе на сайте издательства «Flight Int'l» находились журналы «Flight» с 1909 года почти до конца века. Сейчас их в свободном доступе нет.

Американское общество историков авиации (AAHS) предоставляет доступ к архивам американских журналов «Aircraft», «Flying», «Popular Aviation» и другим. По мнению автора, ценность новостной прессы как источника недооценивается⁵⁹.

Колоссальную работу по популяризации французской культуры и французского языка ведёт общество «Gallica», финансируемое правительством Франции. В его онлайн-библиотеке французских текстов⁶⁰ имеются газеты и журналы «L'Aero», «L'Aeronautique», «L'Aerophile» (с 1898 года), «Les Ailes» «Decollage», «Le Document Aeronautique», «Moniteur Aeronautique», «La Revue Aérienne» и многие другие.

Среди онлайн энциклопедий есть как авторские проекты, приближающиеся по достоверности информации к рецензируемым изданиям⁶¹, так и компиляции текстов, которые можно использовать как повод к дальнейшему поиску. Среди последней категории известен сайт «Уголок Неба»⁶², руководитель проекта Д. А. Волков, г. Донецк.

Один из наиболее полных списков более чем из 30000 наименований моделей летательных аппаратов ведётся в Смитсоновском национальном аэрокосмическом музее (NASM) под редакцией Даны Белл⁶³. Ещё один список ведёт автор под псевдонимом Aeroflight⁶⁴. Большой онлайн-кадастр фотографий летательных аппаратов «Авиа Дежавю» создала команда Сергея Осторжинского⁶⁵. В нём приведены фотографии более 8000 моделей.

При сборе сведений максимальный вес придавался источникам, за содержание которых их составители несли юридическую ответственность, за ними шли новостные статьи, современные событию. Достоверность сильно повышало наличие фотографий.

Меньший вес придавался работам, написанным значительно позднее описываемых событий, при этом особое внимание уделялось их источниковой базе (к сожалению, научно-справочный аппарат имеется отнюдь не во всех публикациях).

⁵⁹ См. также: Кузьмин Ю.В. Проблемы архивных документов: на примере истории авиастроения / Конференция РНКИФНТ. М.: 2022. С. 367–371.

⁶⁰ Gallica. URL: <https://gallica.bnf.fr>. Дата доступа 21.07.2023.

⁶¹ Parmentier B. Aviation Française. URL: www.aviafrance.com. Дата доступа 01.07.2023;

Eckland K.O. Aerofiles. URL: www.aerofiles.com. Дата доступа 01.07.2023;

British Aviation – Projects to Production. URL: www.britishaviation-ptp.com. Дата доступа 01.07.2023.

⁶² Волков Д.А. (ред.). Уголок неба. URL: www.airwar.ru. Дата доступа 15.07.2023.

⁶³ Bell Dana (ed.). Directory of airplanes. Their designers and manufacturers. NASM. Регулярно издаётся в виде книг. URL: <https://sirismm.si.edu/siris/aboutairplanedirectory.htm>. Дата доступа 11.07.2023.

⁶⁴ Aeroflight. World aircraft types – Database. URL: docs.google.com/spreadsheets/d/1sgSbNa9VW-RhFSR7128NyCDVSv9u8tXpNeUWxd8YU9I/edit#gid=345469665. Дата доступа 01.08.2023.

⁶⁵ Осторжинский С. и др. Avia Déjà Vu. URL: <http://aviadejavu.ru>. Дата доступа 01.08.2023.

Особое внимание уделено проверке полноты собранных данных (**раздел 1.5**). Для такой проверки использовались три метода:

1. Изучение изменения динамики скорости накопления данных (асимптотический метод);
2. Сравнение с частными интегральными результатами других исследователей;
3. Определение объёма пересечений выборки с независимыми выборками (метод Монте-Карло).

В качестве независимых выборок использовались журналы как исторической направленности, так и новостные. Проверялось, все ли упомянутые в них модели самолётов отражены в базе данных. При больших объёмах текстов можно считать, что это отношение равно отношению объёма данных к рассматриваемой в журнале части генеральной совокупности (с учётом полноты охвата журналом авиастроения по странам и периодам). Выявилось, что полнота данных не ниже 99% по выпуску и 96% по числу моделей.

В **разделе 1.6** описаны использованные автором методы проверки исходных данных о характеристиках самолётов на возможные опечатки и фальсификации при помощи вычисления удельных показателей (нагрузки на мощность, нагрузки на крыло, масса конструкции на одного пассажира и т.д.) и методы оценки противоречащих друг другу источников.

В **разделе 1.7** описаны структура и состав созданной автором базы данных по самолётам XX века, применённой для хранения, структуризации и анализа информации и методы анализа данных. Эта база данных была отмечена как пример моделирования в докладе на заседании Президиума РАН⁶⁶, где сказано: *«Базу данных можно использовать и для поиска и взаимосвязей и отношений разного рода: техника–техника, история–техника, экономика–техника и т.д. Например, можно посмотреть корреляцию роста скорости бомбардировщиков и нагрузки на крыло»*⁶⁷.

Во второй главе «Динамика производства самолётов в XX веке» приведены данные о выпуске самолётов в XX веке в штуках и тоннах по годам и странам с разбивкой по назначению, проанализированы взлёты и падения выпуска и изменения его структуры. Дана динамика изменения числа самолётостроительных компаний мира.

Раздел 2.1 посвящён методическим и историографическим вопросам.

В **разделе 2.2** указано, что в мире за XX век построили 2,226 млн. самолётов. Распределение выпуска по странам показано на Рис. 1 (в разделе «Россия» в 1923–1991 годах учтён выпуск во всём СССР). На шесть ведущих держав приходится свыше 90% выпуска.

⁶⁶ Батулин Ю.М. Моделирование как вспомогательный инструмент истории науки и техники // Вестник РАН. 2013. Т. 83 № 1. С. 3–9.

⁶⁷ Эта программа была реализована в докладе автора: Кузьмин Ю.В. Развитие реактивных стратегических бомбардировщиков: влияние конструкторских школ // Годичная конференция ИИЕТ РАН. 2012. С. 678–681.

Среди 2,226 млн самолётов: 213 тысяч бомбардировщиков, 272 тыс. ударных (включая истребители-бомбардировщики), 514 тыс. истребителей, 144 тыс. разведчиков, в том числе, многоцелевых самолётов 1920–1930-х годов, 78 тыс. морских патрульных и противолодочных самолётов и торпедоносцев. 55% всех самолётов XX века были боевыми.

Среди оставшихся 45%: 489 тыс. лёгких самолётов, 338 тыс. самолётов общего назначения, 65 тыс. пассажирских, 66 тыс. транспортно-коммерческих, включая военно-транспортные, 39 тыс. сельскохозяйственных, 7000 специальных самолётов. Даны определения каждого класса самолётов по назначению.

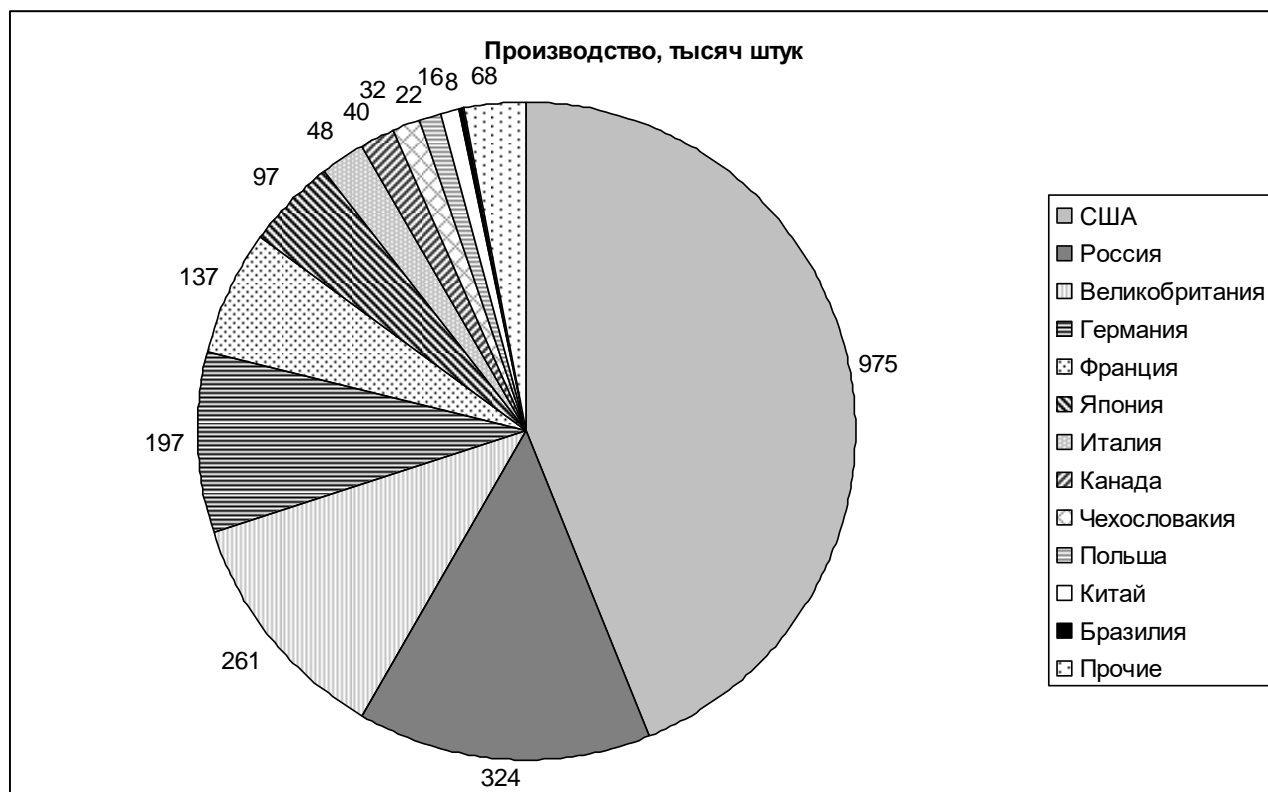


Рис. 1. Выпуск самолётов по странам в XX веке

Расчёт выпуска в тоннах меняет картину. На первом месте оказываются бомбардировщики (2,18 млн т., 23% общего выпуска), а среди гражданских – пассажирские самолёты (1,5 млн т., 17%). Многочисленные самолёты общего назначения и лёгкие самолёты занимают только по 4% от объёма производства. Доля боевых самолётов в целом вырастает до 65%.

В разделе 2.3 описана динамика выпуска. Отдельно рассмотрены начальный период, ПМВ, 1919–1928 годы (до Великой депрессии), 1929–1935 годы, 1936–1945 годы (подготовка и ведение ВМВ), 1946–1955 годы (Корейская война и её последствия), 1956–1965 годы (кризис отрасли в связи с отвлечением сил на вертолёт- и ракетостроение), 1966–1980 годы (период расцвета), 1981–1990 (кризис самолётостроения) и 1991–2000 годы.

Для каждого периода указаны самые массовые типы самолётов и ведущие компании, их объём выпуска в штуках и тоннах. Проанализировано изменение концентрации производства и числа самолётостроительных фирм.

Выявлено, что после быстрого первоначального роста в 1911–1913 годах темп выпуска самолётов в Великобритании, Франции и США снижался. В России в 1917 году доля выпуска самолётов отечественных конструкций достигла 50%, но после революции и вплоть до начала 1930-х годов была существенно ниже.

Спад выпуска самолётов после окончания ПМВ намного сильнее проявился в Великобритании и Франции, чем в России. Если в России в 1922 году выпуск снизился по сравнению с 1917 годом в 39 раз, то в Великобритании в 1923 году построено в 128 раз меньше самолётов, чем в пиковом 1918 году. Рассмотрен быстрый рост мощностей советской и японской самолётостроительных промышленности в 1930-е годы. Самым массовым типом самолёта периода 1929–1935 годов стал производившийся не только в одной стране, но и, фактически, на одном ленинградском заводе самолёт Поликарпова У-2.

Изучено быстрое нарастание выпуска самолётов с 1939 по 1944 год и рост доли боевых самолётов в общем выпуске, начавшийся в 1937 году. В 1944 году в мире построили 232,7 тысяч самолётов – это более 10% выпуска за весь двадцатый век. На оккупированных Германией территориях в 1939–1945 годах построено почти 10 тысяч самолётов, в самой Германии за те же годы – 110 тысяч. Самолёты для Люфтваффе массово строили во Франции, Нидерландах, Чехословакии, но наладить выпуск в Польше оккупантам не удалось.

За время ВМВ страны союзников построили в три раза больше самолётов, чем страны Оси: 606 тысяч против 202 тысяч. Это иллюстрирует авантюризм политики руководства стран Оси как при развязывании войны, так и при расширении её географии.

Изучена роль госрегулирования в самолётостроении. Государства во время войн широко регулировали производство. Но если в годы ПМВ это выражалось в привлечении предприятий из других отраслей, то позднее из-за усложнения технологий такой метод стал неэффективным. Новый механизм состоял в побуждении предприятий к выпуску требуемых государством самолётов, созданных другими фирмами, а в СССР и США – и в строительстве государственных заводов. Наилучшим образом организовать кооперацию авиапроизводителей смогли Великобритания, США и Япония.

В 1946 году производство самолётов в мире сократилось по сравнению с 1945 годом в десять раз. Новый рост начался в связи с войной в Корее. В начале 1950-х годов резко увеличился выпуск боевых самолётов во всех ведущих странах. Это свидетельствует о том, что мир был близок к глобальному конфликту.

После 1953 года началось медленное снижение производства, по-прежнему основные усилия были сосредоточены на выпуске боевых машин. К началу 1950-х годов заметная авиапромышленность сохранилась в трёх странах (по убыванию выпуска): США, СССР и Великобритании. К 1955 году и Великобритания потеряла позиции; её доля снизилась до 6%.

На рубеже 1950–1960-х годов объёмы производства самолётов во всём мире ещё сильнее снизились, что связано как с появлением товаров-заместителей (вертолётов и боевых ракет), так и с отвлечением мощностей на производство ракетно-космической техники. Этот спад был всемирным, его нижняя точка пришлась на 1962 год, затем начался новый рост.

Упрочилась гегемония США, в 1965 году они произвели почти 60% самолётов (по суммарной массе), ещё 26% – СССР.

Изменилась структура производства. Начиная с 1959 года лишь меньшая часть авиапромышленности работала на выпуск боевых самолётов, и доля гражданских самолётов с каждым годом росла. Этот процесс продолжался до конца века, хотя доля выпуска боевых самолётов в СССР и, особенно, КНР оставалась намного выше среднемировой.

В 1966–1980-е годы выпуск самолётов в целом оставался примерно на постоянном уровне; выпуск боевых самолётов во всём мире почти монотонно снижался.

Самолётостроители Западной Европы в эти годы перешли от национальных проектов к международной интеграции, образовался концерн «Airbus». К концу века доля международных корпораций в производстве самолётов возросла до 26% (по массе).

В начале 1980-х годов произошёл глобальный спад производства самолётов. Он затронул классы как боевых, так и небоевых машин за исключением пассажирских авиалайнеров. Особенно сильно пострадали секторы самолётов общего назначения (снижение в 7 раз за 10 лет) и лёгких самолётов (в 3,3 раза за 10 лет). Двукратное падение выпуска в СССР также пришлось на первую половину десятилетия. Во второй половине 1980-х, при Горбачёве, показатели выпуска стабилизировались. Следующее сокрушительное снижение производства в странах СНГ произошло позднее, в 1992–1995 годах.

Уже к концу 1980-х большая часть мощностей мировой авиапромышленности (70% по тоннажу выпуска) работала на производство пассажирских и транспортных самолётов. Увеличение доли этих самолётов в общем выпуске продолжалось и в 1990-е годы.

Распад СССР привёл к дальнейшему сокращению производства боевых самолётов во всём мире, за исключением КНР: в Китае росли как выпуск, так и доля боевых самолётов в нём. Но в мире доля боевых машин в производстве снизилась до нескольких процентов.

Раздел 2.4 посвящён изучению особенностей выпуска самолетов по назначению. Показано, что в годы ПМВ доля бомбардировщиков и ударных самолётов в странах Антанты была в 2,5 раза выше, чем у противников (19% против 8%). Доля истребителей в общем выпуске быстро росла во всех странах, достигнув около 40% в 1918 году.

Исследовано опережающее развитие гражданской авиации в США в 1920-е годы. Её успехи связываются с развитием нефтепереработки и машиностроения, стимулированных автомобилизацией, с наличием

обеспеченного среднего класса, либеральным законодательством и эффективным субсидированием потребителей услуг государством.

Показаны различия в структуре выпуска в странах-участницах ВМВ. Если структура в странах-союзниках оставалась примерно постоянной, то Италия, Япония и, особенно, Германия, были вынуждены непрерывно изменять её, увеличивая с каждым годом долю самолётов-истребителей. Это говорит об ошибках в военном планировании стран Оси.

Приведены графики сокращения доли боевых самолётов и упрочнения доминирования пассажирских авиалайнеров в самолётостроении к концу века.

В разделе 2.5. изучено изменение с годами числа самолётостроительных предприятий, исследуются сходства и различия развития самолётостроительной отрасли СССР и США.

В третьей главе «Разработка самолётов в XX веке» представлены результаты изучения динамики разработки 22700 моделей самолётов XX века, в том числе, изучены:

1. Интенсивность НИОКР (научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ): количество новых моделей, доведённых до стадии испытаний в данном временном периоде.
2. Успешность НИОКР: доля новых моделей, дошедших до стадии серийного производства.
3. Результативность НИОКР: определяется как среднее время производства созданных моделей и степень их модифицируемости (динамика среднего количества моделей в типе).

Все три показателя впервые определены в работах автора.

В разделе 3.1 рассмотрены альтернативные методы изучения динамики НИОКР (финансовый, в человеко-часах, библиометрический), показаны их ограничения в сравнении с предлагаемым способом. Проведено частное историографическое исследование проблемы.

В разделе 3.2. подробно изучена динамика НИОКР в XX веке с разбивкой по периодам, странам и назначению самолётов. До 1929 года графики числа новых моделей и выпуска самолетов хорошо коррелировали, затем корреляция полностью исчезает. Больше всех моделей (31,1%) создано в США, затем следуют Франция (16,9%), Великобритания (12%), Германия (11%), СССР/Россия (9,3%), Италия (4,3%) и Япония (2,6%).

Количество новых моделей быстро росло до 1911 года, затем наступил резкий и ранее не отмеченный спад. Интенсивность спада антикоррелировала с объёмом государственной поддержки. Сделан вывод, что для зарождающейся технологии господдержка производителей весьма эффективна, но затем её эффективность снижается.

На Рис. 2 представлены интегральные данные: динамика выпуска самолётов в штуках (столбцы) и число разработанных в каждом году новых моделей самолётов (сплошная линия).

Во время ПМВ всем странам-участницам удалось сформировать новые коллективы разработчиков самолётов благодаря привлечению в отрасль компаний из других направлений, и число новых моделей вновь увеличилось.

После окончания войны многие компании вышли из бизнеса, интенсивность разработок резко снизилась. Но экономический оптимизм 1920-х годов привёл к быстрому росту числа разработок, прежде всего, в США. После «чёрного вторника» в октябре 1929 года начался очередной спад интенсивности разработок, прерванный лишь в 1935 году.

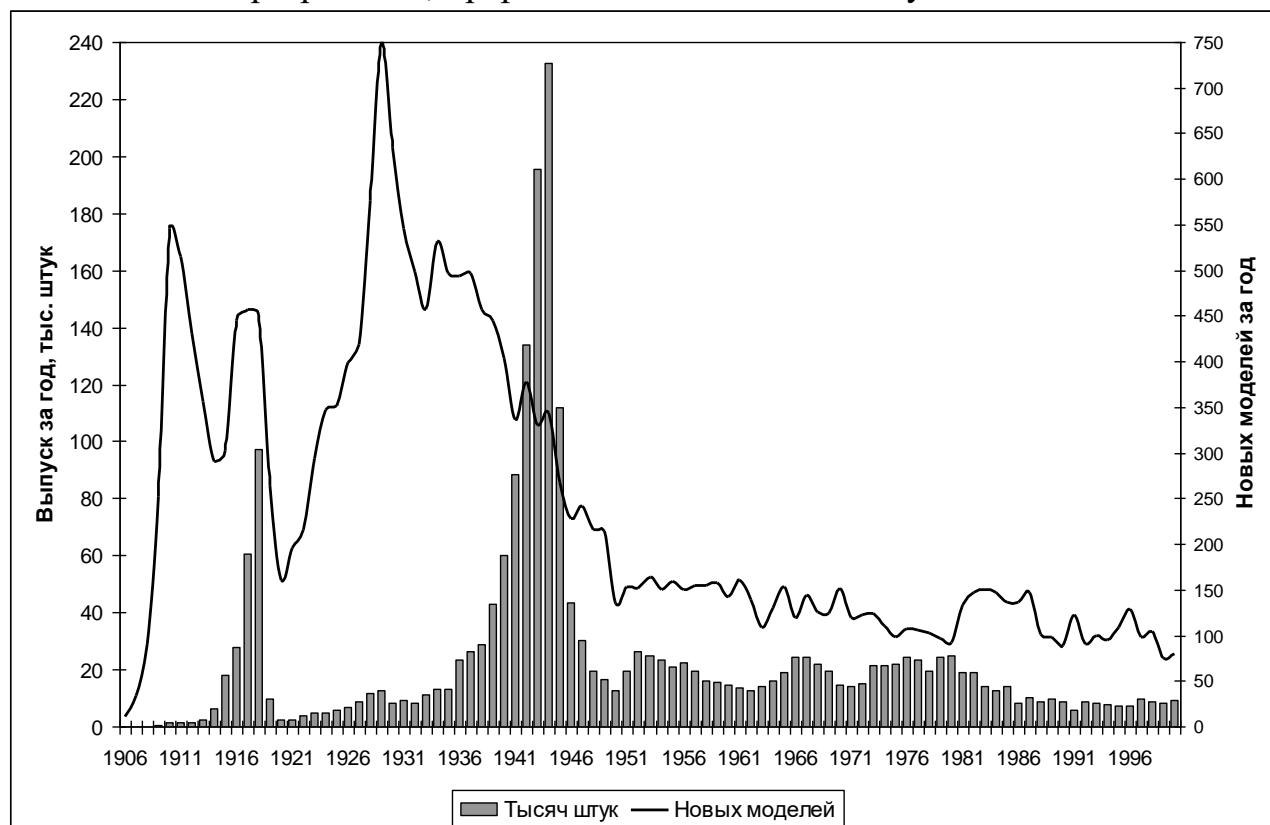


Рис. 2. Динамика мировой разработки и производства самолётов в XX веке

Репрессии в СССР в конце 1930-х годов сказались не на объёмах выпуска самолётов, а на существенном снижении числа новых разработок.

В годы ВМВ интенсивность разработок не только не выросла, но продолжала снижаться. Привлечь новые силы в разработку сильно усложнившихся изделий не удалось. На наш взгляд, это проявление общей закономерности. Если в первые годы промышленного производства можно нарастить интенсивность НИОКР, направляя в отрасль разработчиков из других отраслей (такой путь в 1950–1960 годах прошли, например, вертолётостроение и производство космической техники), то позднее повторить это трудно.

Снижение затянулось до 1950 года: вместо 750 новых моделей в 1929 году, теперь ежегодно их появлялось только чуть более ста. Затем в течение 30 лет интенсивность разработок, если не считать кратковременных флуктуаций, как и выпуск самолётов, оставалась примерно на постоянном уровне с тенденцией к медленному снижению.

Исключение представляет первая половина 1980-х годов: на резкий спад выпуска разработчики ответили усилением активности, и число новых моделей

заметно выросло. Подобная реакция на кризисы впервые выявлена автором. Такая реакция разработчиков на спад типична, и она не приводит к росту производства. В СССР/России пики разработок также пришлись на периоды спада выпуска: «хрущёвское» сокращение авиации в районе 1960 года и сокращение производства в 1980–1990-х годах.

В разделе 3.3. изучена динамика успешности НИОКР как вероятности запуска созданной конструкции в серийное производство. До середины 1960-х годов эта вероятность росла, что кажется естественным. Но затем она начала монотонно уменьшаться как в целом, так и для отдельных классов самолётов, и при расчёте по отдельным странам: СССР и США.

При помощи расчёта коэффициента Херфиндаля-Хиршмана показано, что изменчивость распределения НИОКР как по времени, так и по странам гораздо меньше, чем у выпуска: нарастить интенсивность НИОКР сложнее, чем объём производства.

Неравномерность распределения успеха в самолётостроении очень высока. Индекс Джини, применяемый обычно для оценки степени экономического неравенства, для выпуска самолётов по фирмам превышает 90%⁶⁸. Делается вывод, что центры проектирования самолётов – редкий ресурс, а инвестиции в новые КБ являются высоко рискованными.

На примере истребителей показано, что доля дошедших до серийного производства моделей выше в экономиках с относительно свободно действующими компаниями. Наиболее низкой в первой половине века она была во Франции, особенно после национализации авиапромышленности в 1936 году и в СССР. Поэтому целесообразность прямого руководства отраслью и «трестирование» предприятий даже в тяжёлых внешних условиях выглядят сомнительной мерой с точки зрения эффективности НИОКР.

В разделе 3.4 изучено время жизни технологий при помощи двух предложенных автором методов. Первый состоит в разбиении конструкций на кластеры моделей, схожих по методологии создания, и выявлении времени жизни кластеров. Второй основан на динамике среднего времени нахождения в производстве созданных моделей самолетов.

Тренд динамики среднего возраста моделей, находящихся в производстве, как и многие другие индикаторы, меняется в середине 1960-х годов и для отрасли в целом, и отдельно для боевых и небоевых самолётов, и для каждой из ведущих стран (США, СССР, Великобритания). С 1915 до 1965 года этот показатель медленно рос с 1 до 3 лет, но затем рост ускорился и к концу века достиг 10 лет для небоевых и 13 лет для боевых самолётов.

Насколько известно автору, ранее методы, предложенные в разделах 3.3. и 3.4, в историко-технических исследованиях не применялись. Их преимуществом является то, что они не специфичны именно для

⁶⁸ Распределение Парето (20% усилий приводят к 80% успеха) соответствует индексу Джини только 60%.

самолётостроения. Следовательно, можно сравнивать сходства и отличия динамик развития различных областей техники.

Изучение разных индикаторов производства и НИОКР в самолётостроении показало, что их поведение синхронно меняется, одновременно для разных классов самолётов и в разных странах. На наш взгляд, это говорит о том, что на развитие отраслей техники, в данном случае – самолётостроения, сильно влияют глобальные факторы.

В четвёртой главе «Развитие конструкций самолётов в XX веке» изучаются различные аспекты развития конструкций самолётов в XX веке.

В разделе 4.1 проведён анализ применяемых в конструкциях самолётов решений в период до ПМВ. Изучены системы управления по крену, схемы шасси, аэродинамические схемы, схемы силовых установок. В США намного чаще использовались межкрыльевые элероны, шасси с носовым колесом, схема силовой установки, когда один двигатель вращает через ременные или цепные передачи два винта. В США и Великобритании намного выше средней доля полипланов – самолётов с четырьмя и более крыльями. Проанализирован всплеск интереса в 1907–1911 годах к системам автоматической устойчивости.

Выявлены новые приоритеты. Так, элероны для управления по крену впервые были применены в мускулолёте «Cycloplane» (1904 год). Уточнена динамика перехода от гоширования (перекоса крыла) к элеронам, произошедшего в 1912–1916 годах.

Интересна динамика применения схемы с горизонтальными поверхностями в носу и хвосте. В США она была распространена в 1900-е годы и потеряла популярность в 1911–1913 годах, в Великобритании же схема стала широко применяться именно в 1912–1913 годах. Во Франции динамика «седловидная» с минимумом в районе 1910 года и быстрым ростом доли описываемых решений к 1913–1914 годам. Различна и динамика доли монопланов и бипланов. В США, в отличие от Европы, монопланы не были популярны. В Великобритании переход от монопланов к бипланам произошёл в 1912–1914 годах, а в континентальных странах, в том числе в Германии и Франции, – только в 1913–1916 годах.

Различия намного превышают статистическую погрешность и свидетельствуют о независимости американской, британской и континентальной школ самолётостроения.

В разделе 4.2 исследована динамика лётных характеристик. Рассмотрен рост средних по выпуску скоростей разных классов самолётов в годы ПМВ. Выявлен кризис в Германии 1916 году: страна потеряла передовые позиции в самолётостроении. Подтверждено постоянное отставание России и Австро-Венгрии от союзников и Германии.

Изучен рост скоростей истребителей, как наиболее быстрого массового класса самолётов. Показано, что в 1960 году рост прекратился, что говорит о переходе к фазе зрелой технологии. В это время стабилизировались и другие

параметры: скорости самолётов общего назначения, коэффициенты лобового сопротивления пассажирских самолётов и т.д.

Раздел 4.3. посвящён эволюции конструкций самолётов. Показано, что необычные конструкции плохо тиражируются. В XX веке разработано свыше 1300 моделей с нестандартными аэродинамическими схемами (6% от общего количества). Объём их выпуска – менее 17000 экземпляров, то есть, 0,8% от суммарного производства. Установлено, что хуже всего тиражировалась схема, считавшаяся многими наиболее совершенной: летающее крыло, 75 моделей самолётов были построены общим числом всего 113 экземпляров. Единственной компанией, запустившей такую схему в серийное производство, стала американская “Northrop”, а самым крупносерийным самолётом – бомбардировщик Northrop B-2 (21 экземпляр). Наиболее успешными среди нестандартных компоновок были схема «утка» (312 моделей, 7700 экземпляров) и «бесхвостка» (278 моделей, 6900 экземпляров), но и их тиражность оказалась в четыре раза ниже, чем в среднем по отрасли.

Ситуация с нестандартными схемами фюзеляжа аналогична: на 2900 моделей (13% от общего числа) приходится 129 тысяч построенных самолётов (6% от общего выпуска).

Отмечен рост популярности нестандартных компоновок в лёгком самолётостроении во время кризиса 1980-х годов и позднее. Самая распространённая нестандартная схема – фюзеляж в виде одной дюралевой трубы, на втором месте ферменные конструкции.

Делается вывод, что нестандартные решения надо применять с большой осторожностью и только тогда, когда они обеспечивают очень существенные преимущества.

Рассмотрено становление доминирования бипланов в годы ПМВ и обратный переход к монопланам между мировыми войнами, в котором лидировали пассажирские самолёты. Выявлены отличия ведущих стран. До 1933–1934 годов в Великобритании пренебрегали монопланами, что не помешало создать через несколько лет такие совершенные монопланы, как «Spitfire» и «Lancaster». Напротив, самолётостроение в Германии в 1920-е годы носило экспериментальный характер: доля монопланов была высока. Это разумное поведение с целью сохранения технологий при утрате производственной базы.

Франция и США демонстрировали наиболее рациональный подход: постепенный рост доли монопланов, в разработке новых моделей эта доля была выше, чем в производстве.

Подробно освещён всплеск интереса к боевым самолётам с крылом изменяемой стреловидности в СССР, указаны его вероятные причины. Свыше 80% самолётов такой схемы (10926 при общемировом выпуске 13527) построили именно в СССР.

На ряде примеров показано, что распределение долей технических решений в разработке медленнее меняется и намного более устойчиво, чем распределение таких долей в производстве. Конструкторы, несмотря на

изменение потребностей, продолжают создавать модели по привычным для себя схемам. Обнаружено и стремление разработчиков к инженерному совершенству там, где оно не востребовано. В действиях конструкторов гражданских самолётов регулярно виден перекося в сторону лётно-технических характеристик в ущерб эксплуатационным и экономическим. Эта тенденция наблюдается в течение всего XX века.

Практический вывод таков: целесообразно использовать передовые, но уже освоенные технологии. С экономической точки зрения не выгодно ни опережать прогресс, ни отворачиваться от его достижений. Вывод подтверждён и проведённым в конце раздела 4.3 анализом распределения лёгких самолётов по типам крыла: наиболее аэродинамически совершенные среднепланы не получали признания у потребителей технологии.

Раздел 4.4. посвящён истории появления и распространения убирающегося шасси. Показано, что самолёт Dayton-Wright RB-1 не является первым самолётом, в котором такое шасси применено для повышения скорости полёта⁶⁹, эта честь принадлежит истребителю 1918 года Martin K-III «Kitten». Впервые убирающиеся шасси применены на сухопутных самолётах с целью улучшения не скорости, как полагали многие историки⁷⁰, а взлётно-посадочных характеристик, в частности, для уменьшения пробега при посадке на траву. Самолёты-амфибии с поднимающимися шасси появились лишь в 1911 году⁷¹.

С середины 1960-х годов и до конца XX века половина строящихся самолётов имела простые и надёжные неубирающиеся шасси. Большая часть их была сосредоточена в классах лёгких машин, сельхозсамолётов и самолётов общего назначения.

В разделе 4.5 изучена эволюция силовых установок самолетов. Рассмотрено доминирование Франции в авиационном моторостроении в 1900–1910-е годы, приведены его возможные причины. Построена динамика числа установленных на самолёты двигателей с разбивкой по годам и типам как для отрасли в целом, так и по отдельным классам самолётов.

Раздел 4.6 посвящен эволюции применения конструкционных материалов и динамике распространённости работающей обшивки. К концу века в гражданской области доля пластиковых самолётов в разработке достигла 30%, но в производстве – менее 10% (в штуках). Усилия приверженцев новейшей технологии слабо окупались в течение более 20 лет. В то же время в 1960–1970-е годы и доля новых моделей самолётов, созданных с использованием деревянных и смешанных конструкций, была значительно выше, чем их доля в производстве. Таким образом, конструкторы более консервативны, чем руководители производства, и часто запаздывают с реакцией на изменившиеся условия. Насколько известно автору, эта

⁶⁹ Это утверждали, в частности, *King H.F.* The first fifty years // *Flight*. 1953. № 2342. P. 762;

Соболев Д.А. История самолётов мира. М.: Русавиа. 2001. 680 с. С. 239.

⁷⁰ *Opdycke L.E.* French aeroplanes before the Great War, Schiffer Publishing. 1999. 288 p. P. 164.

⁷¹ Hydro-aeroplane carries six persons // *Popular Mechanics*. 1913 № 4. P. 573.

особенность развития техники отмечена впервые. Но и вложения в новейшие технологии в фазе её зрелости (в отличие от фазы роста) могут не окупаться десятилетиями.

В военной технике смена поколений самолётов продолжалась и после 1960-го года. Отличия фазы зрелости от фазы роста проявились в темпе внедрения инноваций: пластики, сталь, титан и другие новейшие материалы медленно проникают в конструкции боевых самолётов, процесс длится многие десятилетия в отличие от предыдущих переходов (дерево -> смешанные конструкции -> металлический каркас -> дюралевый каркас с дюралевой обшивкой), каждый из которых длился порядка десяти лет.

Резюмирующий **раздел 4.7** описывает выявленные фазы развития техники. Вслед за Митио Каку⁷², выделены четыре фазы: поиска, роста, зрелости и антиквариата. У Каку они назывались этапами рождения, развития, расцвета и моды соответственно. Мы считаем нашу терминологию более удачной.

Название «фаза поиска» отражает хаотическое чередование и сосуществование в это время различных решений. «Антиквариат» сигнализирует о нишевом характере потребления, в отличие от затрагивающей большинство пользователей «моды». Термин «фаза» подчеркивает резкую и быструю смену характера развития при переходе от фазы к фазе, сопоставимую с фазовыми переходами в физико-химических системах.

Фаза поиска для самолётостроения – это период до ПМВ. В это время хаотически меняется популярность различных решений, летные характеристики растут, схемы-фавориты только начинают выявляться. В конце этой фазы происходит переход от любительского самолётостроения и экспериментов к промышленному производству. Он сопровождается резким снижением числа конструкторов и новых моделей при росте выпуска самолетов.

Во время фазы роста на смену хаотическим пробам различных решений приходит чередование поколений. Новые решения быстро, в течение 5–10 лет, практически полностью вытесняют предыдущие в производстве, несколько дольше занимает перестройка методик конструирования. Такие тенденции продемонстрированы на примере смены поколений аэродинамической компоновки, шасси, типов двигателей, материалов. Во время фазы роста быстро увеличиваются абсолютные характеристики (скорость, потолок, дальность), хотя причины роста могут изменяться со временем. Растёт и результативность НИОКР: всё большая доля созданных типов самолетов подвергается дальнейшим модификациям, всё большая доля конструкций выпускается серийно. Смена моделей в производстве происходит часто. В самолётостроении фаза роста продолжалась с 1914 до примерно 1960 года.

В фазе зрелости рост количественных показателей прекращается или замедляется. Зачастую это происходит не из-за физических или экономических барьеров, таких, например, как скорость звука, а из-за достижения самолётами

⁷² Митио Каку. Физика будущего, М.: Альпина нонфикшн, 2012. С. 463–466.

удовлетворяющих большинство пользователей характеристик, подобная ситуация рассмотрена и далее, в разделе 5.3.

Череда поколений технических решений сменяется их сосуществованием: каждое решение, дожившее до перехода к зрелости, захватывает свою нишу и удерживает её длительное время, для самолётостроения – в течение десятилетий. Резко замедляется смена моделей. Несмотря на совершенствование методик проектирования, расчёта и испытаний, доля моделей, дошедших до серийного выпуска, начинает снижаться.

Во время фазы зрелости продолжают появляться технические новшества, но время их внедрения резко увеличивается, и они не вытесняют предыдущие решения, а лишь занимают определённую нишу. Граница между фазами роста и зрелости выражена особенно резко.

Фаза антиквариата характеризуется застыванием решений, смещением потребления в чисто гражданскую область, а в ней – в область спорта, хобби и престижа, замораживанием или даже регрессом количественных характеристик, стилизацией внешнего облика под изделия прошедших времён. В такой фазе развития находятся, например, перьевые ручки.

В подразделе 4.7.3 описано состояние подкласса самолётов, на взгляд автора, приближающегося в развитии к фазе антиквариата, а именно – гидросамолётов. Большая часть гидросамолётов к концу века были лёгкими машинами и самолётами общего назначения, а потребности мира в коммерческих и специализированных гидропланах, в том числе, в противопожарных и спасательных, удовлетворялись одной компанией «Canadair».

Пятая глава «Развитие отдельных классов самолётов в XX веке» состоит из четырёх разделов, каждый из которых посвящен истории одного из классов самолётов.

Раздел 5.1 описывает развитие поршневых истребителей (514 тыс. самолётов). Отмечена важность 1935 года: в этом году монопланы обогнали бипланы по скорости. С 1918 по 1935 годы скорости истребителей выросли на 60%, и ещё на 60% – за следующие пять лет, в 1935–1940 годах. В 1935 году убыстрился и рост взлётной массы истребителей.

В 1920-е годы истребители-монопланы разрабатывались, прежде всего, в Германии, Франции и Японии, но к началу ВМВ истребители Франции и Японии оказались самыми медленными. Самые же быстрые поршневые истребители были созданы в Великобритании и США, хотя в этих странах доля монопланов среди истребителей до середины 1930-х годов была крайне низкой. Делается вывод, что имплементация технологических новинок эффективна только тогда, когда они покажут существенное преимущество над более консервативными технологиями, а не как самоцель.

Для выявления тенденций развития истребителей использовался кластерный анализ. Все модели серийных поршневых истребителей представлены точками в четырёхмерном пространстве с координатами

скорость; нагрузка на крыло; нагрузка на мощность и весовая отдача. Обоснован выбор координат. Проведена их ортогонализация и нормализация.

Выявлено, что до начала 1930-х годов лётные характеристики росли, в основном, благодаря увеличению тяговооружённости: средняя нагрузка на мощность снизилась с 6,5 кг/л.с. до 2,5 кг/л.с. Позднее рост скоростей происходил почти исключительно за счёт аэродинамики, прежде всего за счёт увеличения нагрузки на крыло, что потребовало и создания эффективных схем механизации крыла для сохранения приемлемых взлётно-посадочных характеристик. Тяговооружённость почти не росла, новые моторы обеспечивали, прежде всего, увеличение массы самолётов, а с ней рост мощности вооружения и дальности.

Пионерские конструкции определены как первые по времени создания самолёты в каждом кластере, существенно отличавшиеся от предшественников значением комбинации указанных параметров. Среди них выявлены самолёты, редко отмечаемые историками авиации, в том числе, британский биплан Fairey Firefly ИМ (1930 год), югославский моноплан Ikarus ИК-2 и советский моноплан И-16 тип 5 (оба 1935 год). Это подтверждает, что в середине 1930-х годов советская конструкторская мысль вышла на передовые позиции.

Самолёты, принадлежащие одному кластеру, созданы по одной методологии, время жизни которой может быть измерено как время между появлением первой и последней модели в кластере. В 1935 году не только появилось сразу три новых кластера из 19, но и сократилось время жизни кластеров, что говорит об ускорении темпов прогресса.

Раздел 5.2 описывает развитие пассажирских самолётов с 1919 по 2000 год. Кроме расчётов в штуках и тоннах добавлена динамика выпуска в пассажиро-местах. Как и в отрасли в целом, в подотрасли доминируют США (63% по пассажиро-местам), на втором месте – СССР/Россия (11,6%), на третьем – международные проекты (Airbus, ATR, Concorde и другие) с 11,3%.

Изучена динамика среднего числа двигателей на пассажирских самолётах. До середины века оно росло, но затем число двигателей монотонно уменьшалось, и к концу века во всех категориях доминировали двухдвигательные самолёты. Ренессанс трёхдвигательных самолётов наблюдался дважды: в 1930-е годы (Fokker F.VIIa, Ford «Trimotor», АНТ-9 и т.д.) и в 1970-е годы (Ту-154, Як-42, BN-2 «Trislander», DC-10, L-1011 и т.д.).

Однодвигательные самолёты – маргинальное решение, не удовлетворительное с точки зрения безопасности, особенно для полётов над территорией без удобных мест для посадки (горы, тайга). Поэтому в работе критикуются планы использования на регулярных пассажирских авиалиниях одноструйных самолётов ЛМС «Байкал».

Построена динамика разработки 1535 моделей пассажирских самолётов. Пик конструкторской активности пришёлся на 1926–1930 годы, минимум – на годы ВМВ. В последние 30 лет века каждый год появлялись 6–8 новых моделей. Успешность НИОКР (доля моделей серийных самолётов среди созданных) росла и к концу века превысила 90%. Срыв разработки пассажирского самолёта

должен считаться недопустимым провалом. Подраздел 5.2.6 посвящён изложению истории пассажирских самолётов в СССР и России.

В разделе 5.3 изучена история самолётов общего назначения. Их было построено 337240 экземпляров (15% выпуска). Структура раздела сходна с предыдущим разделом 5.2.

Выявлено доминирование в этом классе четырёхместных самолётов (194 тысячи или 57%), а также маргинальность соседних групп: трёх- и пятиместных. Трёхместные самолёты массово выпускались до конца 1930-х годов, но после ВМВ потеряли популярность. Пятиместные самолёты также находятся «в тени» четырёхместных машин. Поэтому разработка трёх- или пятиместных самолётов является рискованным делом.

Во второй половине века выявились две популярных схемы: низкоплан и высокоплан, делящие рынок в постоянном соотношении 60% / 40%. Постоянно проектировались аэродинамически более совершенные среднепланы, столь же постоянно они не находили спроса. Описаны возможные причины этого. В последние 40 лет века распространённость самолётов с убирающимися шасси медленно росла, но более простые и надёжные конструкции с неубирающимися шасси устойчиво удерживали около 40% рынка.

Внедрение пластиков происходило медленно. Пластиковые самолёты активно проектировались в 1980–1990-е годы, и к концу века доля пластиковых новых моделей достигла 50%, но в производстве их доля держалась ниже 10%. Подобная ситуация наблюдалась и при внедрении герметичных кабин и реактивных двигателей. На основе проведенного анализа делается вывод, что срок окупаемости вложений в новейшие технологии в самолётостроении велик.

ЛТХ наиболее популярной группы четырёхместных самолётов оставались на одном уровне с 1960 года. Регулярные попытки предложить самолёты с улучшенными ЛТХ не находили отклика потребителей. Особенно сильно активизировались стремления к инженерным улучшениям во время спадов спроса, в том числе, в 1980-х годах.

При анализе схем, конструкционных материалов и вариантов силовой установки обнаружена ещё одна, в определённом смысле, противоположная систематическая ошибка разработчиков: продолжение проектирования по устаревшей методологии уже тогда, когда подобные самолёты практически не производятся.

В разделе 5.4 изучена история сельскохозяйственных самолётов. Их было построено почти 39 тыс. (1,9% общего выпуска). В работе восстановлена история сельхозавиации в США и СССР, начиная с опытов США в 1921 году. Описано производство сельхозсамолётов в четырёх основных центрах: СССР и страны СЭВ; США; Латинская Америка и Океания.

Изучено развитие конструкций, в том числе, схем крыла, силовой установки, конструкционных материалов. Показано, что эффективный и безопасный сельхозсамолёт имеет следующие особенности: это низкоплан с каркасом фюзеляжа из сварных стальных труб, с широкой колеёй неубирающегося шасси, с одноместной кабиной пилота с наддувом,

расположенной позади бака химикатов и с двигателем, обладающим высокой приёмистостью (поршневой или гибридная установка, в крайнем случае – турбовинтовой).

Сельхозсамолёты, построенные по данной схеме, не только безопаснее, но и экономически эффективнее. Рассмотрено поведение удельной полезной нагрузки на единицу мощности силовой установки Y . Чем выше эта величина, тем меньше себестоимость работ.

$$Y = (M_{\text{взл}} - M_{\text{пуст}} - P \cdot 100) / N_{\text{двиг}} \quad (\text{кг/л.с.});$$

где P – число членов экипажа, $M_{\text{взл}}$ и $M_{\text{пуст}}$ – взлётная масса и масса пустого самолёта, $N_{\text{двиг}}$ – суммарная мощность силовой установки.

Y достигает максимума у «правильных» низкопланов Air Tractor AT-402A ($Y = 3,7$ кг/л.с.) и Piper PA-36-85 «Pawnee Brave» ($Y = 3,4$ кг/л.с.).

Сделан вывод, что при разработке сельскохозяйственного самолёта не стоит брать за основу проекты многоцелевых машин и копировать технологию «большого» авиастроения, но целесообразно разработать специализированный самолёт. Особого внимания требуют безопасность, удобство работы лётного и наземного экипажей, экономичность, возможность долговременной эксплуатации в отрыве от баз и ремонтпригодность.

В приложении (Том 2) представлен состав и структура источниковой базы исследования: даны ссылки на более чем 13170 книг, статей, нормативных актов, делопроизводственных документов, использованных как источники при сборе данных о моделях самолётов XX века, их конструкции и выпуске. Приложение состоит из введения и пяти разделов. В первом разделе приведена статистика источников по времени создания, языкам, объёму, числу авторов.

Второй раздел представляет собой перечень более 10800 типов самолётов XX века, сгруппированных по компаниям-разработчикам и странам. Для каждого типа указаны год первого полёта; модели, относящиеся к данному типу, и годы их первых полётов и суммарный выпуск самолётов данного типа в XX веке. Даны ссылки на источники с указанием страниц.

Третий раздел – нумерованный список библиографических описаний указанных 13170 источников, упорядоченный по алфавиту. Четвёртый раздел – алфавитный список авторов, в котором перечислены свыше 2500 авторов, указаны их полные имена (если известны) и даны ссылки на написанные авторами работы. Пятый раздел – алфавитный указатель самолётостроительных компаний, упомянутых во втором разделе.

Заключение

За столетнюю историю самолёты как класс технических изделий и самолётостроение как отрасль прошли длинную эволюцию, характер которой несколько раз менялся с переходом от одной фазы развития к следующей. В течение всего века самолётостроение привлекало огромное внимание энтузиастов, исследователей и государственных властей. Вместе с тем установлено, что до настоящего времени комплексного анализа развития самолётостроения в XX веке не проводилось.

Основным результатом работы является комплексный анализ мирового самолётостроения. Основой для его проведения стала обширная источниковая база (свыше 13000 источников на 28 языках). В течение более 20 лет собиралась информация о разработке и выпуске самолетов, их конструкциях и технических характеристиках, структурированная с применением информационных технологий и математических методов. Такая методология исследования позволила уточнить и в ряде случаев скорректировать информацию по истории самолетостроения, а также получить новые знания об основных этапах и закономерностях развития отрасли в мировом масштабе. Сбор информации о конструкциях самолётов и их выпуске позволил также выявить многие новые приоритеты.

Выводы. В диссертационной работе:

- Существенно дополнена статистика по производству самолётов XX века (собраны сведения о конструкции, технических характеристиках и выпуске 22700 моделей самолётов); показана общая картина развития отрасли в мире и по странам.

- Определена роль ведущих авиационных держав. Показано, что СССР удерживал второе место по выпуску самолётов, а в начале 1930-х годов выходил и на первое место.

- Изучена динамика количественных характеристик самолётов и частот применения технических решений, а также взаимосвязь частот применения различных конструктивных решений в разработке и в производстве.

- Исследована динамика изменения конструкций самолетов, в частности, их аэродинамических и конструкционных схем, шасси, силовых установок, схем управления и конструкционных материалов.

- Показано, что графоаналитический метод представления данных о динамике развития отрасли подаёт новую информацию в удобной для восприятия и обработки форме и позволяет выявить повторяющиеся паттерны поведения, в том числе неэффективные.

- В противовес изучаемой обычно динамике рекордных характеристик технических изделий, предложены два других семейства графиков, теснее связанных с состоянием индустрии, а именно ежегодное изменение средневзвешенных величин: а) с усреднением по новым моделям (а также разброс показателей моделей самолётов, созданных в данном году – по дате первого полёта); б) с усреднением по общему выпуску и разброс этих величин. Сопоставление динамики по таким графикам позволило получить новые знания о закономерностях развития отрасли.

- Используемые математические методы позволили выявить динамику различных характеристик НИОКР в самолётостроении, сравнить сходства и отличия динамики разных стран, конструкторских школ, отдельных классов самолётов, что было недостижимым для стандартных методов сравнения характеристик. Изучение разных индикаторов производства и НИОКР в самолётостроении показало, что их поведение синхронно меняется в одно и то же время, причём одновременно для разных классов самолётов и разных стран.

– Выявлена серьёзная недооценка масштабов и роли авиапромышленности США в начальный период, особенно в 1908–1913 годах, причем, главным образом, американскими историками авиации. Мнение о слабости авиаиндустрии США до 1917 года удалось доказательно опровергнуть, применив количественные методы. То же касается и тезиса советского периода о подавлении царским правительством отечественных разработок.

– Статистический анализ частоты применяемых решений позволил доказать существование трёх независимых конструкторских школ в первый период развития авиации, до ПМВ, в Великобритании, США и в континентальной Европе.

– Обнаружена и изучена количественными методами интенсивная динамика восстановления производства до оптимальных значений в авиапромышленности США во время кризисов. Найдена причина такой устойчивости – накопленный человеческий капитал, который, несмотря на кризисы, вновь находил применение в отрасли (что не исключает возможности одновременного действия и других причин).

– Статистический анализ конструкций позволил с высокой точностью определить точки перехода между поколениями конструкций самолётов не на основе пионерских достижений, часто значительно опережавших время и появлявшихся задолго до возникновения общественной потребности в предлагаемом решении, и поэтому не оказывавших значительное влияние на развитие авиатехники, а путём изучения динамики средневзвешенных характеристик самолётов. Статистический анализ показал, что именно строилось, какие виды конструкций привлекали внимание индустрии в тот или иной период.

– Продемонстрирована возможность применения кластерного анализа для количественного выявления времени возникновения идей и периодов быстрого роста в технике. Вместо фиксирования нового этапа развития техники по дате появления нового инженерного решения (по мере усложнения технического изделия становится всё сложнее определить реальную значимость тех или иных усовершенствований), автор предложил новый способ периодизации развития техники, в частности самолётов, в котором отсчет ведется от даты появления изделия, существенно отличающегося от предыдущих, то есть, первого – по хронологии – изделия, относящегося к новому кластеру. Промежуток времени между появлением первого и последнего изделия со схожими характеристиками в данном кластере оказывается временем жизни технологий, использованных при создании изделий.

– Показано, что самолётостроение в своём развитии проходит четыре фазы: поиска, роста, зрелости и антиквариата. Фазы резко отличаются динамикой изменения количественных и качественных параметров, причём относящихся как к отдельным конструкциям, так и к отрасли в целом (например, доли моделей самолётов, запускаемых в серийное производство).

– Выявлено, что, несмотря на различие задач, источников финансирования, заказчиков, развитие технических изделий в военной и гражданской подотраслях и в странах с различной социальной и экономической

структурой подвержено общим закономерностям. Быстрый и несколько хаотичный рост основных характеристик в фазе роста всегда сменялся их медленным плавным изменением в фазе зрелости или даже фиксацией на одном уровне, если изделия выполняли ту же задачу, что и раньше – например, перевозили четырёх человек. Одновременно на смену вытесняющей конкуренции различных технических решений приходило их сосуществование.

Рекомендации. Сформированная источниковая база, а также предложенные и апробированные в диссертации количественные методы анализа данных могут стать основой для исследований по темам: количественная история планеро-, вертолёт- и ракетостроения XX века, углублённое изучение отдельных классов самолётов, количественная история авиастроения СССР и России в сравнении с мировыми достижениями.

Результаты работы могут быть применены в программах обучения специалистов, в разработке курсов по истории техники. Использованные методы сбора, структуризации и изучения историко-технических данных пригодны для применения и в других областях техники. Автор надеется, что изложенные числа, факты и методы анализа информации заинтересуют историков техники и инженеров и окажутся полезными в их исследованиях.

Основные результаты диссертационного исследования

отражены в следующих публикациях:

Статьи в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Кузьмин Ю.В. Производство самолётов в 1931–1945 годах в странах – участниках Второй Мировой войны // Историческая информатика. – 2018. – № 2. – С. 27–57.
2. Кузьмин Ю.В. Научно-технический уровень России в годы Первой Мировой войны на примере авиастроения // Историческая информатика. – 2018. – № 4. – С. 1–21.
3. Кузьмин Ю.В. Спад производства самолётов в СССР в 1980-х годах: статистический анализ базы данных // Историческая информатика. – 2019. – № 2. – С. 106–146.
4. Кузьмин Ю.В. Самолёт Шабского идентифицирован по фотографии // Двигатель. – 2019. – № 4. – С. 18–19.
5. Кузьмин Ю.В. Соотношение объемов производства и результативности конструкторских работ в мировом авиастроении XX в. Статистический анализ базы данных // Историческая информатика. – 2020. – № 2. – С. 61–82.
6. Кузьмин Ю.В. Эволюция истребителей между мировыми войнами: применение кластерного анализа в истории техники // Историческая информатика. – 2021. – № 1. – С. 66–130.
7. Кузьмин Ю.В. Эволюция поршневых истребителей: применение кластерного анализа к истории техники. Часть 2 // Историческая информатика. – 2021. – № 2. – С. 24–78.

8. Кузьмин Ю.В. История создания убирающегося шасси // Воздушно-космическая сфера. – 2021. – № 4. – С. 100–109.
9. Кузьмин Ю.В. Кризис мирового авиастроения 1911–1914 годов // Воздушно-космическая сфера. – 2022. – № 1. – С. 84–93.
10. Кузьмин Ю.В. Полипланы Нового и Старого света // Вопросы истории естествознания и техники. – 2022. – Т. 43. № 2. – С. 303–327.
11. Кузьмин Ю.В. Развитие и разработка четырёхместных самолётов в XX веке. Статистический анализ // Историческая информатика. – 2022. – № 2. – С. 87–110.
12. Кузьмин Ю.В. Развитие конструкций четырёхместных самолётов в XX веке // Историческая информатика. – 2022. – № 3. – С. 56–80.
13. Кузьмин Ю.В. Мировая самолётостроительная промышленность XX века: количественный анализ // Исторический журнал: научные исследования. – 2022. – № 3. – С. 1–20.
14. Кузьмин Ю.В. Роль авиапромышленности США в развитии авиации общего назначения // Вестник Тамбовского университета. Гуманитарные науки. – 2022. – № 4. – С. 1108–1120.
15. Кузьмин Ю.В. Пассажирское самолётостроение XX века. Количественный анализ // Научный вестник МГТУ ГА. – 2023. – Т. 26. № 3. – С. 8–24.

Статьи в сборниках международных конференций, индексируемых в базе данных Scopus:

16. Kuzmin, Yu. V. The contribution of different countries to airplane development and manufacture / 29th ICAS Congress. Saint Petersburg, Russia. – 2014. – Report 2014_1036. – 9 p.
17. Kuzmin, Yu. The numerical history of airplane manufacturing in XX century / 31th ICAS Congress. Belo Horizonte, Brasil. – 2018. – Report 2018_0705. – 13 p.
18. Kuzmin, Y. V. USSR and Russia Passenger Airplane Production in 20th Century // Conference Paper 2023 20th Technical Scientific Conference on Aviation Dedicated to the Memory of N.E. Zhukovsky, TSCZh – M.: MSTU CA. – 2023. – P. 60–65.

Монографии и научно-справочные издания:

19. Засыпкин Ю.В., Костырченко Г.В., Кузьмин Ю.В., Остапенко Ю.А., Симонов А.А., Соболев Д.А. История отечественной авиапромышленности / Д.А. Соболев (ред.). – М.: Русавиа, 2011. – 432 с. ISBN 978-5-900078-66-3.
20. Дёмин А., Золотов В., Кузьмин Ю. Эмблемы и знаки самолётов российских ВВС 1912–2012 / А.А. Дёмин (ред.). М.: Русские Витязи, 2012. – 256 с. ISBN 978-5903389-53-7.
21. Кузьмин Ю.В., Макиенко К.В., Мухудинов И.М. Россия-Индия: вехи военно-технического сотрудничества. – М.: Пента, 2017. – 230 с. ISBN 978-5-91104-134-2.
22. Кузьмин Ю.В. Самолётостроение России в количественных показателях: первые годы / Вихревая динамика развития науки и техники. Россия/СССР. Первая половина XX века. Т. 1. / Батурич Ю.М. (ред.). – М.: ИИЕТ РАН, 2018. – С. 87–101.

23. Кузьмин Ю.В. Самолётостроение в количественных показателях: между двумя войнами. / Вихревая динамика развития науки и техники. Россия/СССР. Первая половина XX века. Т. 2 / Батурин Ю.М. (ред.). – М.: ИИЕТ РАН, 2018. – С. 119–134.
24. Кузьмин Ю.В. Самолётостроение в СССР в числах: 1946–1991 годы. / Вихревая динамика развития науки и техники. СССР/Россия. Вторая половина XX века. Т. 3. / Батурин Ю.М. (ред.). – М.: ИИЕТ РАН, 2019. – С. 404–440.
25. Кузьмин Ю.В. Зарубежные беспилотные летательные аппараты: история и перспективы // Техническая информация ЦАГИ. – 2020. – № 3–4. – 83 с.
26. Кузьмин Ю.В. Библиографический справочник по самолётам XX века. – М.: ИИЕТ РАН, 2021. – 559 с. ISBN 978-5-98866-082-8.

Статьи в рецензируемых научных сборниках:

27. Кузьмин Ю.В. О советских и мировых приоритетах / Легенды и мифы отечественной авиации. Вып. 2. – М.: Русские Витязи, 2010. – С. 89–112. ISBN 978-5-903389-32-2.
28. Дёмин А.А., Кузьмин Ю.В., Юргенсон А.А. Штурмовик Q-5 (А-5) / М.: М-К. Авиаколлекция. – 2010. – № 8. – 32 с.
29. Кузьмин Ю.В. Роль ОКБ С.В. Ильюшина в развитии отечественной авиации / Легенды и мифы авиации. Вып. 4. – М.: Русс. Витязи, 2012. – С. 11–12. ISBN 978-5-903389-50-6.
30. Кузьмин Ю.В. Самолёты «Гранд Балтийский» и «Русский Витязь»: в чём же приоритет Сикорского? / Легенды и мифы авиации. Вып. 5. – М.: Русские Витязи, 2013. – С. 5–18.
31. Кузьмин Ю.В. О тяжёлых летающих лодках и их мореходности. Дополнение редактора / Легенды и мифы авиации. Вып. 5. – М.: Русские Витязи, 2013. – С. 128–131.
32. Кузьмин Ю.В. Сколько же было FW 190? / Легенды и мифы авиации. Вып. 5. – М.: Русские Витязи, 2013. – С. 161–168.
33. Кузьмин Ю.В. 100 лет назад: авиация в 1913 г. 50 лет назад: авиация в 1963 г. / Легенды и мифы авиации. Вып. 5. – М.: Русские Витязи, 2013. – С. 205–217.
34. Кузьмин Ю.В. Сколько самолётов построено в XX веке? / Легенды и мифы авиации. Вып. 6. – М.: Русские Витязи. – 2015. – С. 3–16. ISBN 978-5-903389-90-2.
35. Кузьмин Ю.В. Сколько было Junkers Ju 87? / Легенды и мифы авиации. Вып. 6. – М.: Русские Витязи, 2015. – С. 129–137.
36. Кузьмин Ю.В. Выпуск самолётов в США в XX веке / Легенды и мифы авиации. Вып. 7. – М.: Русские Витязи, 2015. – С. 3–22. ISBN 9785990603707.
37. Кузьмин Ю.В. Самолёт LWF атамана Семёнова / Легенды и мифы авиации. Вып. 7. – М.: Русские Витязи, 2015. – С. 38.
38. Кузьмин Ю.В. Производство самолётов во Франции в годы Первой мировой войны / Легенды и мифы авиации. Вып. 8. – М.: Русские Витязи, 2017. – С. 59–73.

39. Кузьмин Ю.В. Перепутанные братья Фарман и японский самолёт МО-4 / Легенды и мифы авиации. Вып. 8. – М.: Русские Витязи. – 2017. – С.74–80. ISBN 978-5-9909605-6-5
40. Кузьмин Ю.В. Влияние традиций научных школ на пути развития техники – на примере авиастроения / К.Э. Циолковский. Проблемы и будущее российской науки и техники. – Калуга: ЦМК, 2017. – С. 236–238.
41. Кузьмин Ю.В. Количественная история авиастроения XX века // История и Компьютер. – 2018. – Т. 47. – С. 38–39.
42. Кузьмин Ю.В. Истребитель Хокер Си Хок / М.: М-К. Авиаколлекция. – 2018. – № 6. – 32 с.
43. Кузьмин Ю.В. Противолодочный самолёт Бреге «Атлантик» / М.: М-К. Авиаколлекция. – 2018. – № 10. – 32 с.
44. Кузьмин Ю.В. Организация библиографических справочников для историко-статистических исследований / Роль библиографии в информационном обеспечении исторической науки / Е.А. Воронцова (сост.). – М., 2018. – С. 353–361.
45. Кузьмин Ю.В. Истребитель SAAB JAS 39 «Грипен» / Авиаколлекция. – 2019. – № 4. – 32 с.
46. Кузьмин Ю.В. Календарь авиационных событий: 1919, 1969 гг. / Легенды и мифы авиации. Вып. 9. – М.: Русские Витязи, 2019. – С. 244–254. ISBN 978-5-6041925-6-6.
47. Кузьмин Ю.В. История сельскохозяйственного самолётостроения XX века / Легенды и мифы авиации. Вып. 10. – М.: Рус. Витязи, 2020. – С. 179–226. ISBN 978-5-907245-16-7.
48. Кузьмин Ю.В. Невероятная статистика или граждане, будьте бдительны / Легенды и мифы авиации. Вып. 10. – М.: Русские Витязи, 2020. – С. 260–267.
49. Кузьмин Ю.В. 100 лет назад: авиация в 1920 г. 50 лет назад: авиация в 1970 г. / Легенды и мифы авиации. Вып. 10. – М.: Русские Витязи, 2020. – С. 268–286.
50. Кузьмин Ю.В. Новое о моноплане Нестерова / Легенды и мифы авиации. Вып. 11. – М.: Русские Витязи, 2022. – С. 9–14. ISBN 978-5-907245-57-0.
51. Кузьмин Ю.В. Из архивов: лётная школа и завод А.А. Анатра / Легенды и мифы авиации. Вып. 11. – М.: Русские Витязи, 2022. – С. 24–29.
52. Кузьмин Ю.В. Календарь авиационных событий: 1921, 1971 гг. / Легенды и мифы авиации. Вып. 11. – М.: Русские Витязи, 2022. – С. 232–254.

Статьи в журналах:

53. Кузьмин Ю.В. Сталь в авиации // Авиация и Космонавтика (АиК). – 2010. – № 6. – С. 36–41.
54. Кузьмин Ю.В. Раздвижное крыло // АиК. – 2010. – № 4. – С. 33–34.
55. Кузьмин Ю.В. Первые торпедоносцы // АиК. – 2010. – № 12. – С. 35–36.
56. Кузьмин Ю.В. Первый день авиапочты // АиК. – 2011. – № 5. – С. 51–52.
57. Кузьмин Ю.В. Сколько же было Fw 190? АиК. – 2014. – № 3. – С. 41–42.
58. Кузьмин Ю.В. Воздушная мощь США // АиК. – 2019. – № 1. – С. 39–45.

59. Кузьмин Ю.В. Неожиданный приоритет Туполева // *АиК*. – 2019. – № 5. – С. 16–17.
60. Кузьмин Ю.В. Долгий полёт «Орла» // *АиК*. – 2019. – № 10. – С. 20–26.
61. Кузьмин Ю.В. Сверхзвуковые пассажирские самолёты XXI века // *АиК*. – 2020. – № 3. – С. 38–43.
62. Кузьмин Ю.В. Первые алюминиевые самолёты Старого и Нового света // *АиК*. – 2020. – № 5. – С. 36–40.
63. Кузьмин Ю.В. Истребитель F-22A // *АиК*. – 2020. – № 6. – С. 46–51.
64. Кузьмин Ю.В. Дозаправка в воздухе: от первых опытов к первому в мире беспилотному заправщику // *АиК*. – 2020. – № 7. – С. 33–41.
65. Кузьмин Ю.В. Истребитель Локхид Мартин F-35: к 20-летию первого полёта X-35 // *АиК*. – 2020. – № 10. – С. 24–37.
66. Кузьмин Ю.В. SOFIA и другие летающие инфракрасные телескопы // *АиК*. – 2021. – № 2. – С. 40–47.
67. Кузьмин Ю.В. Авиапромышленность СССР в 1920-е // *Знание-Сила*. – 2021. – № 4. – С. 48–55.
68. Кузьмин Ю.В. A380: печальная судьба гигантов // *АиК*. – 2021. – № 5. – С. 26–32.
69. Кузьмин Ю.В. Сельхозавиация СССР и России на фоне конкурентов // *АиК*. – 2021. – № 9. – С. 14–25.
70. Кузьмин Ю.В. Деревянные самолёты XXI века // *АиК*. – 2021. – № 7. – С. 35–42.
71. Кузьмин Ю.В. Леваассёр и Буше: отцы европейской авиации // *АиК*. – 2023. – № 4. – С. 32–35.
72. Кузьмин Ю.В. Забытые братья с Вороньего брода // *АиК*. – 2023. – № 7. – С. 20–23.

Доклады на международных и всероссийских научных конференциях:

73. Кузьмин Ю.В. Количественное сравнение достижений авиационных конструкторских школ // *Годичная конференция ИИЕТ РАН*, 2010. – М.: ИИЕТ РАН, 2010. – С. 535–538.
74. Кузьмин Ю.В., Соболев Д.А. Авиапромышленность СССР и Германии в годы Второй мировой войны // *Конференция ИИЕТ РАН посвящённая 65-летию Победы в ВОВ*, 2010.
75. Кузьмин Ю.В. Развитие реактивных истребителей в СССР, США, Великобритании в 1940-е – 1950-е годы // *Годичная конференция ИИЕТ РАН*, 2011. – М.: ИИЕТ РАН, 2011. – С. 595–599.
76. Кузьмин Ю.В. Развитие реактивных стратегических бомбардировщиков: влияние конструкторских школ // *Годичная конференция ИИЕТ РАН*, 2012. – М.: ИИЕТ РАН, 2012. – С. 678–681.
77. Кузьмин Ю.В. Статистическое исследование истории авиационных конструкций и новое знание // *«Математика, компьютер, образование»*. – М.: МГУ, 2013. – С. 111–119.

78. Кузьмин Ю.В. Первые полёты в Европе и памятники науки и техники // VII конференция «История техники и музейное дело». – М.: Нестор история, 2013. – С. 269–273.
79. Кузьмин Ю.В. Сколько самолётов построено в XX веке? // Годичная конференция ИИЕТ РАН, 2014. – М.: ИИЕТ РАН, 2014. – С. 174–178
80. Кузьмин Ю.В. Производство самолётов в США в XX в. // Годичная конференция ИИЕТ РАН, 2015. Т 2. – М.: ИИЕТ РАН, 2015. – С. 399–403.
81. Кузьмин Ю.В. Новое знание об общем из детального изучения частного. На примере истории производства самолётов // Междисциплинарные методы в изучении истории науки и техники: материалы конф. – М.: ИИЕТ РАН, 2015. – С. 10–14.
82. Кузьмин Ю.В. Штуки и тонны в истории техники // IX международная конференция «История техники и музейное дело». – М.: Политехнический музей, 2015. – С. 42.
83. Кузьмин Ю.В. Стадии развития технологии на примере истории самолётостроения // Годичная конференция ИИЕТ РАН, 2016. – М.: Янус-К, 2016. – С. 276–279.
84. Кузьмин Ю.В. Лакуны в истории техники – проблемы полноты, достоверности, сопоставимости. На примере истории авиастроения // X международная конференция «История техники и музейное дело». – М.: Политехнический музей, 2017. – С. 7–12.
85. Кузьмин Ю.В. Авиастроение в 1936–1941 годах: кто к какой войне готовился? // Труды международной научной конференции «К 75-летию начала Великой Отечественной войны», 22–23 июня 2016 г. – М.: Центральный музей ВОВ, 2016. – С. 590–601.
86. Кузьмин Ю.В. Научно-техническое отставание России от других участников ПМВ на примере динамики характеристик выпускаемых самолётов // Международная конференция «Экономическая история в XXI веке», 24 мая 2017 г. Москва, МГУ.
87. Кузьмин Ю.В. Утопии в авиации: почему не получилось? // XII международная конференция «История науки и техники. Музейное дело». – М.: Политехнический музей, 2019. – С. 208–211.
88. Кузьмин Ю.В. От истории техники к законам развития техники // Годичная конференция ИИЕТ, 2019. – М.: ИИЕТ РАН, 2019. – С. 276–280.
89. Кузьмин Ю.В. Стадии развития технологии на примере истории самолётостроения // XIII международная конференция «История науки и техники. Музейное дело». – М.: Политехнический музей, 2020. – С. 71–77.
90. Кузьмин Ю.В. Конструкторские школы как акторы истории техники. На примере анализа мирового самолётостроения // Международная конференция «Исторические исследования в контексте науки о данных». – М.: МГУ, 2020. – С. 64–70.
91. Кузьмин Ю.В. Динамика результативности НИОКР в мировом самолётостроении XX века // Годичная конференция ИИЕТ РАН, 2020. – М.: ИИЕТ РАН, 2020. – С. 117–120.

92. Кузьмин Ю.В. Нестандартные математические методы в истории техники // Годичная конференция ИИЕТ РАН, 2021. – М.: ИИЕТ РАН, 2021. – С. 289–294.
93. Кузьмин Ю.В. Приводит ли государственный контроль к экономии ресурсов на НИОКР? // Годичная конференция ИИЕТ РАН, 2021. – М.: ИИЕТ РАН, 2021. – С. 651–654.
94. Кузьмин Ю.В. Проблемы архивных документов: на примере истории авиастроения // Конференция РГКИФНТ РАН. – М.: ИИЕТ РАН, 2022. – С. 367–371.
95. Кузьмин Ю.В. Проверка исторического нарратива математическими методами. Пленарный доклад // Годичная конференция ИИЕТ РАН, 2022. – М.: ИИЕТ РАН, 2022. – С. 56–65.
96. Кузьмин Ю.В. Развитие четырёхместных самолётов мира // Годичная конференция ИИЕТ РАН, 2022. – М.: ИИЕТ РАН, 2022. – С. 153–158.
97. Кузьмин Ю.В. Глобальная природа кризисов на примере истории самолётостроения // История науки и техники. Музейное дело. Вып. 14. – М.: Политех, 2022. – С. 167–170.
98. Кузьмин Ю.В. Методы Data Science и значение истории техники для принятия решений в экономике на примере авиастроения // Историческая информатика как Historical Data Science: материалы конф. 11–13 ноября 2022 г. – М.: МГУ, 2022. — С. 63–66.
99. Кузьмин Ю.В. История техники как нормальная наука: устойчивые закономерности и прогностика // Наука и техника: вопросы истории и теории. XLIV международная конференция СПб отделения РНКИФНТ. – СПб: СПбФ ИИЕТ РАН, 2023. – С. 247–248.
100. Кузьмин Ю.В. Выбор метафоры: вихри или фазовые переходы // Революция и эволюция: модели развития в науке, культуре, социуме: Труды IV международной конференции – М.: РОИФН, 2023. – С. 344–348.