

Книга содержит краткий очерк о развитии авиационной науки и техники в Латвии в XX веке, начиная с первых полетов летательных аппаратов. В ней представлены основные направления развития авиационной науки, промышленной реализации результатов, роль ведущих ученых и их научных школ, созданных в рижских научных центрах: в высших авиационных учебных заведениях, научно-исследовательских институтах Гражданской авиации, а также их связи с АН ЛССР и другими научными центрами республики и СССР в целом. Все эти научные центры в 90-е годы исчезли вместе с развалом СССР. Содержание глав основывается на анализе публикаций, новых технических решений, полученных в результате исследований и изобретений, список которых сопровождает каждую главу книги, а также материалов, полученных от руководителей и сотрудников научных направлений. Их фамилии указаны в соответствующих главах книги. Здесь же представлены краткие научные биографии некоторых из них, получивших особо значимые результаты в сфере авиационной науки и техники, работая в рижских авиационных научных центрах и учебных заведениях.

Вклад ученых Латвии

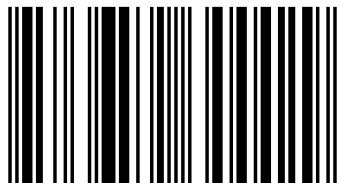


Владимир Шестаков

**Вклад ученых Латвии в
авиационную науку и
технику в XX веке**

Профессор, хаб. док. инж. наук, 1985-2008г.г. зав. каф.

"Эксплуатация воздушного транспорта". 1975-1987 г.г. -
проректор по учебной работе РКИИГА, 1992-1998г.г. - декан
механического факультета РАУ, Заслуженный деятель науки и
техники Латвийской ССР- 1988 г., с 2009г-профессор института
аэронавтики Рижского технического университета.



978-3-659-64442-9

Шестаков

LAP LAMBERT
Academic Publishing

Владимир Шестаков

Вклад ученых Латвии в авиационную науку и технику в XX веке

Владимир Шестаков

**Вклад ученых Латвии в
авиационную науку и технику в XX
веке**

LAP LAMBERT Academic Publishing

Impressum / Выходные данные

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брэндах и их можно использовать всем без ограничений.

Coverbild / Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Verlag / Издатель:

LAP LAMBERT Academic Publishing

ist ein Imprint der / является торговой маркой

OmniScriptum GmbH & Co. KG

Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland / Германия

Email / электронная почта: info@lap-publishing.com

Herstellung: siehe letzte Seite /

Напечатано: см. последнюю страницу

ISBN: 978-3-659-64442-9

Copyright / АВТОРСКОЕ ПРАВО © 2014 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Все права защищены. Saarbrücken 2014

Введение.....	3
Г л а в а 1. Начало становления авиации в Латвии, научных исследований и подготовки специалистов в области авиации в Риге.....	5
Г л а в а 2. Развитие методов полного и неполного методов физического моделирования при исследовании работы авиационных конструкций.....	28
Г л а в а 3. Создание в Риге экспериментальной базы для исследования аэродинамики самолетов и вертолетов и математическое моделирование их полета в сложных условиях.....	34
Г л а в а 4. Обеспечение надежности систем бортового оборудования самолетов и совершенствование их эксплуатации.....	45
Г л а в а 5. Работы рижских ученых в области обеспечения безопасности полетов летательных аппаратов путем повышения их прочности и надежности в процессе эксплуатации.....	58
Г л а в а 6. Исследования в области авиационных турбореактивных двигателей и жаропрочных материалов	79
Г л а в а 7. Исследования в сфере эксплуатационной прочности и живучести авиационных конструкций	86
Г л а в а 8. Специализированные навигационные тренажеры и моделирование навигационных комплексов самолетов ГА.....	99
Г л а в а 9. Исследование влияния упругих деформаций конструкции самолета на безопасность полетов	107
Г л а в а 10. Разработка вероятностно-статистических методов и их применение в управлении производством в ГА.....	113
Г л а в а 11. Исследования по улучшению характеристик движения летательного аппарата по земле	125
Г л а в а 12. Прикладные работы ученых Рижских авиационных центров в интересах народного хозяйства.....	130
Г л а в а 13. Разработка и создание автоматизированных систем управления в Гражданской авиации.....	148
Г л а в а 14. Летательные аппараты, построенные в студенческом конструкторском бюро РКИИГА.....	154
Эпилог.....	167

Предлагаемая книга представляет собой краткий очерк о развитии авиационной науки и техники в Латвии в XX веке, начиная с первых полетов летательных аппаратов. В независимой Латвии в последние годы изданы на латышском языке книги, повествующие о истории авиации в Латвии [1.54,155]. Однако о развитии авиационной науки, научных Школах и научных центрах в них практически материалов нет. Данная книга и восполняет этот пробел. В книге представлены основные направления развития авиационной науки, промышленной реализации результатов, роль ведущих ученых и их научных школ, созданных в рижских научных центрах: в высших авиационных учебных заведениях (РКВИАВУ, РКИИГА, РВВИАВУ), научно-исследовательских институтах Гражданской авиации (РО ГосНИИГА, ЦНИАСУГА), а также их связи с АН ЛССР, экспериментально-производственным предприятием гражданской авиации (завод №85- ГА) и другими научными центрами республики и СССР в целом. Все эти научные центры в 90-е годы исчезли вместе с развалом СССР. Содержание глав основывается на анализе публикаций, новых технических решений, полученных в результате исследований и изобретений, список которых сопровождает каждую главу книги, а также материалов, полученных от руководителей и сотрудников научных направлений. Их фамилии указаны в соответствующих главах книги. Здесь же представлены краткие научные биографии некоторых из них, получивших особо значимые результаты в сфере авиационной науки и техники, работая в рижских авиационных научных центрах и учебных заведениях. Я им всем благодарен за представленные материалы.

Рассчитываю, что данная книга будет интересна научным работникам, инженерам, студентам авиационных вузов, выпускникам РКИИГА, РВВИАВУ и их потомкам, а также всем лицам, интересующимся историей развития авиационной науки и техники. Дополнительные сведения о бывшем базовом научном авиационном центре Латвии - РКИИГА в эти годы можно найти в книгах автора, указанных во Введении и на сайтах: <http://rkiigarau.lv>, www.gloriga.com/rkiiga или rkiigarau.blogspot.com

Введение

В декабре 2003 года братья Уилбор и Орвиль Райты совершили первый в истории полет человека на летательном аппарате тяжелее воздуха. Спроектированный и изготовленный ими самолет с бензиновым двигателем, также их конструкции, мощностью в 12 л.с. выполнил установившийся полет и достиг скорости 54 км/час. Человечество быстро оценило преимущества передвижения по воздуху и авиация стремительно стала завоевывать мир. Однако массовое применение авиации выявило и ее главную негативную черту - опасность полетов для жизни. Решение этой проблемы требовало обеспечения прежде всего надежной работы авиационной техники, а это в свою очередь - соответствующей подготовки ее к полетам. Нужны были квалифицированные технические кадры, обучающиеся по специальным программам. Так, через 16 лет после первого в мире и десять лет после первого в России полета самолета в горниле гражданской войны, бушевавшей на территории Российской империи, в мае 1919 года родилось первое в истории авиации учебное заведение по подготовке кадров по техническому обслуживанию авиационной техники. Его судьба вполне вписывается в характеристики зодиакального знака Близнецов, под которым оно родилось. Учебное заведение часто меняло адреса, названия и статус, пока окончательным местом его дислокации стала Латвия. Латвия внесла существенный вклад в дело развития авиационной науки и техники. В ее истории имели место два периода, когда она занимала если не передовые позиции в авиационной науке и технике, то по крайней мере, одно из ведущих мест. Первый период относится к началу века, с первого публичного полета на самолете в Российской империи, куда в эти годы входила Латвия и, который был совершен в Петербурге 11 октября 1909 года и до 1915 года, когда основные предприятия, занимавшиеся авиастроением, в связи с войной были эвакуированы. Именно в эти годы становления авиации в России в Риге работали три предприятия, занимавшиеся проектированием и постройкой самолетов: Русско-Балтийский вагонный завод (РБВЗ), предприятие «Мотор», производившее двигатели внутреннего сгорания и мастерские пилотов-авиаторов В.В. Слюсаренко и Л.В. Зверевой- первой русской летчицы. Функционировала летная школа, которую открыли и содержали В.В. Слюсаренко и Л.В. Зверева. Действовало авиационное общество и клуб. Работало более десятка авиационных конструкторов, построивших 14 оригинальных самолетов. Поэтому в деле развития авиастроительства Латышский край и Рига, в частности, оказались в передовых рядах. К сожалению, и на сегодняшний день обобщенных материалов по этим работам нет. Второй период относится к годам ЛССР, когда в послевоенные годы в Риге стали концентрироваться авиационные предприятия, учебные заведения и научно-исследовательские центры СССР, имевшие общесоюзный статус. Ими стали учебные заведения: РКВИАВУ- высшее

инженерно-авиационное военное училище (с 1960 года- институт инженеров Гражданской авиации- РКИИГА), РВВАИУ- высшее военное авиационное инженерное училище им. Я Алксниса, летно-техническое училище (РЛТУ), Рижское отделение головного научно-исследовательского института ГА (РО ГосНИИГА), единственный в СССР НИИ автоматизированных систем управления (ЦНИ АСУ ГА), единственное в Союзе экспериментально-производственное предприятие по разработке и созданию наземной авиационной техники для гражданской авиации (завод № 85-ГА) и одно из лучших территориальных Управлений ГА СССР (ЛатУГА) В этих авиационных центрах в тесной связи с учеными Академии наук Лат.ССР, других учебных и научных центров Латвии работало большое число ученых, которые вели научные исследования и получили значимые для авиационной науки и техники результаты. По ряду сложных научных направлений в Риге была создана Авиационная Научная Школа. В книге приводится описание научных достижений по различным направлениям авиационной науки и техники, полученным рижскими учеными. Практика работы над книгой показала, что научные исследования, проведенные в Риге за описываемые годы и, полученные по ним результаты, очень объемны и разнообразны по тематике и охватить все просто не представляется возможным в данной книге. Интересующихся отправляю к обширной библиографии, приведенной в каждой главе, а также к своим книгам:

1. «Рижскому авиационному университету- 80 (1919-1999)», Рига 1999 г., 168 стр.
2. «Хроника катастрофы Рижского авиационного университета» “HOLDA”, Рига, 2009 г.,252 стр.
3. «Длинная дорога в авиации. От спецшколы ВВС до РКИИГА», “HOLDA”, Рига, 2009 г.,248 стр.

Их можно найти на сайте <http://rkiigarau.lv/o-shestakovе-vz> или rkiigarau.blogspot.com

Г л а в а 1. Начало становления авиации в Латвии, научных исследований и подготовки специалистов в области авиации в Риге

1.1.Краткий очерк о зарождении авиации в Латвии

В 1818 году в Москве в журнале «Вестник Европы» № 16 появилась статья за подписью Д. под названием «Воздухоплаватели». В статье, в частности, рассказывалось об опыте летания на крыльях, осуществленном в Курземе, называемой тогда Курляндсией. Автор писал: «В Курляндии сохранилось предание об одном Латыше, который в начале прошлого столетия спустился с колокольни по воздуху, пролетел версты две, упал на землю и переломил себе ногу; новый Икар сей равным образом жаловался, что забыл привязать хвост, который мог служить ему вместо руля» (с.265) [1.1]. Можно с большим основанием предположить, что этот Латыш был одним из первых покорителей воздушного океана на территории Латвии, сумевшим совершить скользящий полет наназываемой тогда Курляндсией. Автор писал: «В Курляндии сохранилось предание об одном Латыше, который в начале прошлого столетия спустился с колокольни по воздуху, пролетел версты две, упал на землю и переломил себе ногу; новый Икар сей равным образом жаловался, что забыл привязать хвост, который мог служить ему вместо руля» (с.265) [1.1]. Можно с большим основанием предположить, что этот Латыш был одним из первых покорителей воздушного океана на территории Латвии, сумевшим совершить скользящий полет на изрядное расстояние. В ноябре 1783 года на воздушном шаре, построенном французами братьями Жозефом и Этьеном Монгольфье, был совершен первый длительный официально зарегистрированный полет. Это сенсационное событие потрясло умы европейцев. Не остались к нему равнодушными и жители Курляндского герцогства (Курземской нынешней части территории Латвии). Уже через несколько месяцев после этого события в столице герцогства г. Митаве (Елгава) вышли из печати первые научные статьи об аэростатических баллонах и способах их расчета. Статьи появились в журнале «Митавский ежемесячник» в январе 1784 г. и принадлежали перу профессоров Митавской Петровской академии – первого научного центра на территории будущей Латвии [1.47]. Особый научный интерес представляла статья профессора В.-Г. Ф. Бейтлера (1745 – 1811) – члена-корреспондента Петербургской и Берлинской Академий наук [1.37]. В статье об аэростатах [1.2] профессор Бейтлер дал математическое обоснование выбору формы аэростата из условия получения максимального объема шара при минимальных затратах на его изготовление. По существу, это были первые обоснованные технические требования к летательному аппарату легче воздуха. Кроме своего научного значения, статья была знаменательна и тем, что помогла талантливому

латышскому механику Эрнесту Иоганну Бинеману (1753 – 1806) – выпускнику Петровской академии – собрать средства на постройку первых аэростатов. В 1785 – 1786 гг. в Митаве при большом стечении народа эти аэростаты были успешно испытаны [1.37]. На воздушном шаре Э. Бинемана был начертан гордый девиз: «Так поднимаются к звездам!». Почти два столетия после полулегендарного полета курземского Латыша и через сто лет после первых успехов воздухоплавания выдающийся конструктор и испытатель первых планеров Отто Лилиенталь при летных испытаниях построенных им летательных аппаратов-планеров в скользящем полете достиг дальности 100 метров (1891 г.), а в год своей трагической гибели (1896 г.) во время очередного испытательного полета – 260 метров. Первый публичный полет на самолете в России был совершен 11 октября 1909 года вблизи Петербурга. Чтобы почувствовать уровень авиационно-технических достижений тех лет, приведем описание этого полета, сделанное профессором Н.А. Рыниным: «Авиатор Леганье на биплане «Вузен» пролетел около 1 километра на аэродроме в Гатчине, несмотря на довольно сильный ветер. Высота полета доходила до 10 метров. Под конец полета, при порыве ветра, аппарат прибило к земле, причем поломалось шасси и руль высоты» (стр. 57), [3]. Первые летающие конструкции русских самолетов появились в 1910 году (Киев – 23. V. 1910г. - «Кудашев –I»; Петербург 24. V. 1910г. – «Гаккель-III»), т.е. почти через 27 лет после опытов А.Ф. Можайского. Интенсивное развитие авиации в России совпало с промышленным подъемом, сменившим период упадка, причем наиболее масштабно эти работы начались в таких крупных промышленных центрах страны, как Петербург, Москва, Рига. Наличие в Риге квалифицированных кадров рабочих и инженерно-технических работников, существование передовой для того времени промышленной базы, обеспечивающей постройку автомобилей и их двигателей, делали Ригу прекрасным местом и для развертывания работ по созданию первых отечественных авиационных предприятий. Следует отметить, что во Франции, Германии и Англии развитие авиационных заводов также началось в эти годы с переоборудования автомобильных и моторостроительных заводов. В это время в Риге было два подобных предприятия. Первое – это акционерное общество Русско-Балтийского вагонного завода (РБВЗ) – крупнейшее в России с конца XIX века вагоностроительное предприятие, начавшее с 1907 г. производство автомобилей. С 1908г. по 1915г. завод произвел 450 автомобилей, став ведущим предприятием автомобилестроения России. Второе предприятие – товарищество «Мотор», основанное в 1898г. как завод по производству трансмиссий, а затем и двигателей внутреннего сгорания [1.23]. Всего к 1913г. в Риге было сосредоточено 323 действующих предприятия более чем с 76 тысячами рабочих. Примерно половина рабочих, занятых в ижской металлообрабатывающей и машиностроительной промышленности, работала на заводах РБВЗ и

«Мотор». Высокое качество продукции РБВЗ доказали международные автогонки, где на дистанции в 3250 верст автомобиль РБВЗ занял 1-е место. Все это говорило о высоком уровне, достигнутом промышленностью Риги в те годы. Поэтому и в деле развития авиастроительства латышский край, а Рига в частности, оказались в передовых рядах. Если о работах столичных авиационных конструкторов имеется обширная литература, то о работе рижских самолетостроителей таких обобщенных материалов нет, хотя в Риге, как и в Москве и Петербурге, в эти годы была активная авиационная жизнь: работало более десяти авиационных конструкторов, построивших 14 оригинальных самолетов, функционировало три авиационных предприятия, строивших самолеты и авиационные двигатели, действовали авиационное общество и клуб. На Западе практическая работа по постройке самолетов и их двигателей оказалась впереди вопросов проектирования самолетов. В России дело обстояло несколько иначе потому, что труды профессора Н.Е. Жуковского уже заложили фундамент теории авиации и позволяли конструкторам использовать в своих работах первые расчеты и порой результаты аэrodинамических продувок. В рижскую группу первых авиационных конструкторов вошли люди разной подготовки и опыта. От студентов Рижского политехнического института – до ведущих инженеров-моторостроителей и автомобилестроителей, имеющих большой опыт конструкторской и организационно-технологической работы, прочностных расчетов. Кроме того, владельцы заводов РБВЗ и товарищество «Мотор», имея хорошие кадры рабочих и инженеров, современный станочный парк, что обеспечивало выпуск автомобилей и их двигателей на уровне мировых стандартов, приступили к подготовительным работам по авиастроительству. Передовая технология, опытные инженерные и рабочие кадры позволяли наладить на рижских заводах постройку самолетов и, главное, двигателей для них. Причем сразу же был поставлен вопрос о выпуске натурных аппаратов без предварительных модельных исследований. Модели самолетов успешно летали еще в XIX веке, но как дело доходило до постройки самолета в натуральную величину, то всегда конструкторы терпели фиаско. Для осуществления полета человека необходимы были мощные и легкие двигатели, какими не могли быть паровые установки. Проблема стала решаться только с появлением двигателей внутреннего сгорания. Перед инженерами, которые начали постройку первых самолетов с двигателями внутреннего сгорания, возникла другая проблема: проблема разработки теоретических и практических основ проектирования самолета, включающих выбор общей схемы самолета и определяющих его проектные параметры, аэродинамической компоновки крыльев, отработку силовой конструкции планера самолета. На первых порах ответы на эти вопросы можно было получить только техническим путем: путем постройки и сравнительных испытаний самолетов разных схем и параметров. Только в 30 – 50х

годах раздел авиационной науки «Проектирование и конструкция летательных аппаратов» получил то содержание, сочетающее эксперимент и теорию, которое позволило поставить проектирование самолетов на строгую научную основу. В те же годы развитие этого раздела авиационной науки только начиналось. И многое для этого сделали рижские авиационные конструкторы, работавшие на заводах Риги в 1910 – 1915 гг. Однако, прежде чем начинать серийное производство самолетов и их двигателей, нужно было решить ключевой вопрос технической политики в создании авиапромышленности: каким путем идти – то ли копировать имеющиеся заграничные образцы, то ли начинать осваивать конструкции отечественных авторов. Первый путь был принят в России многими владельцами заводов беспрекословно, с первых шагов развития авиации. В начале и РБВЗ, и товарищество «Мотор» пытались также пойти по нему. На РБВЗ открывшийся Авиационный отдел за основу взял французский самолет «Соммер», а товарищество «Мотор» начало с изучения закупленного в Берлине самолета «Райт» и хотело договориться с французской фирмой «Гном» о производстве моторов их конструкции. Однако этот путь в Риге не был реализован по ряду причин. Одной из причин была и нерешенность в масштабе развития авиационной техники во всех передовых странах мира кардинальных вопросов проектирования самолета: о рациональной его схеме, общей аэродинамической компоновке. Американская схема самолета братьев Райт «утка» - с передним расположением горизонтального оперения; европейская схема самолета, реализованная еще А.Ф. Можайским, с задним расположением горизонтального оперения (нормальная схема); смешанная схема, соединяющая переднее и заднее оперение в одном самолете, - таковы были три главные схемы, по которым строились самолеты. Ответа на вопрос, какая из них предпочтительней, в те годы еще не было. Не был решен вопрос и об аэродинамической компоновке несущих поверхностей: применять ли полипланы (четырехпланы, трипланы), бипланы или монопланы. Эти же вопросы оказались в центре внимания и рижских инженеров и конструкторов, как только они начали работать в области самолетостроения. Дирекция РБВЗ по заказу российского военного ведомства приступила в 1911 году к копированию и серийному производству неудачного по схеме самолета Роже Соммера (Франция). Два образца этого самолета были закуплены во Франции и привезены в Ригу на РБВЗ. Возглавить авиационный отдел РБВЗ был приглашен профессор Киевского политехнического института Александр Сергеевич Кудашев, уже известный авиационный конструктор, самолеты которого успешно летали. По образованию он был инженером путей сообщения, а к 1909 – 1910 гг. уже исполнял обязанности экстраординарного профессора Киевского политехнического института по кафедре «Устойчивость сооружений» и являлся автором трех оригинальных самолетов. Работа на РБВЗ проходила с использованием опыта конструкторской

работы и научных знаний А.С. Кудашева. Работы на кафедре «Устойчивость сооружений» профессора Кудашева и его глубокие знания методов расчета на прочность и устойчивость получили здесь свое приложение к авиационной технике: впервые для самолета им был произведен расчет на прочность ферменной конструкции фюзеляжа и шасси. Кроме того, здесь Кудашев усовершенствовал свою идею по созданию дугового шасси со сквозной осью колес, подвешенной к дугам на амортизаторах. В дальнейшем эту схему шасси заимствовали французские конструкторы для самолетов «Депердюссен». Конструкция такого дугового шасси была надежной и легкой, а технология производства и ремонта были достаточно просты. К сожалению, в истории развития конструкции мировой авиации авторство русского конструктора А.С. Кудашева на дуговое шасси со сквозной осью заменено на авторство французской фирмы «Депердюссен». Первый самолет РБВЗ, построенный А.С. Кудашевым в Риге, был одномоторный моноплан со сменным крылом: первый вариант крыла обеспечивал скорость полета до 60 км/ч, второй – меньшей площади – до 80 км/ч. Наличие в Риге завода «Проводник» по производству резиновых и прорезиненных материалов позволило для обтяжки крыльев применить прорезиненную материю. 2 апреля 1911 г. в Риге состоялся первый полет самолета РБВЗ («Кудашев-4»). Затем успешные полеты на нем продолжались, чем были доказаны хорошие прочностные и летные качества самолета. Для конструкции тех лет высокая эксплуатационная прочность была еще редкостью, так как даже в печатных работах тех лет по аэроплановедению утверждалось, что «аэроплан – сооружение временное», а поэтому главное для него малый вес, а не запас прочности. Самолет РБВЗ-1 был на Первой Международной воздухоплавательной выставке в Петербурге в 1911 г., где РБВЗ была присуждена большая серебряная медаль. Хотя Кудашеву разрешали вести работы по постройке самолета собственной конструкции, но главная задача состояла в налаживании выпуска самолетов «Соммер» – РБВЗ. В 1911 г. по заказу Военного ведомства на РБВЗ было построено семь этих самолетов. По схеме это был биплан с двигателем «Гном» мощностью 50 л.с. Самолет имел элероны на верхней плоскости крыльев, рули поворота и высоты, вынесенные назад относительно центра тяжести самолета. Впереди летчика, на продолжении дуг шасси, располагался управляемый стабилизатор. Однако летно-технические показатели этого самолета были весьма низкими. Максимальная скорость у земли не превышала 60-66 км/ч. А.С. Кудашев провел первые успешные летные испытания самолета «Соммер»-РБВЗ 14 марта 1911 г. в Риге. Однако характеристики устойчивости и управляемости самолета не обеспечивали безопасности полета. Наличие центровки, соответствующей нормальной схеме (заднее оперение), делало крайне затруднительным полет при управлении, осуществляемом от переднего оперения (по схеме «утка»). Это и привело в

конечном итоге к трагическим последствиям: 28 мая 1911 г. в демонстрационном полете в Петербурге на самолете «Соммер»-РБВЗ погиб русский летчик Владимир Смит – один из первых русских летчиков, обучавшийся летному делу во Франции и получивший там пилотский диплом № 234, и бывший пилотом-испытателем РБВЗ [1.14]. Дальнейшее производство на РБВЗ самолетов «Соммер»-РБВЗ было прекращено. Другой оригинальный самолет, построенный на РБВЗ в 1911г., был самолет-амфибия. Большая протяженность морских границ России потребовала решения и задачи разработки морского самолета. Тогда в прессе и в докладах о развитии авиации обсуждался вопрос о необходимости создания морского самолета, но к практической разработке и реализации такого проекта приступили лишь в начале 1911г. в Риге по заданию администрации РБВЗ. Задание на проектирование и постройку гидросамолета получил Гаккель Яков Модестович (1874 – 1945). Рижский самолет «Гаккель-V» представлял собой двухплоскостный моноплан-амфибию с мотором водяного охлаждения. К весне 1911г. эта первая в России амфибия была построена и предъявлена на 1-ю Международную Воздухоплавательную выставку, где конструктору за ее создание была присуждена большая серебряная медаль. По схеме «Гаккель-V» был самолет-моноплан нормальной схемы с толкающим винтом, расположенным на удлиненном валу. Два длинных поплавка-лодки были соединены крылом толстого профиля, на котором размещались сидения для летчика и наблюдателя. Сухопутное колесное шасси располагалось на поплавках. Крыло на стойках и расчалках находилось над летчиками и несло на себе лобовой радиатор и мотор «Эрликон» мощностью в 50 л.с. По заказу администрации в Риге на РБВЗ было построено два экземпляра этого гидросамолета-амфибии. Опыт, накопленный заводом при выполнении этих работ, определил во многом направление деятельности конструкторского бюро РБВЗ по морским самолетам, развернутой уже в 1912 году по заказу Морского ведомства. Можно, таким образом, утверждать, что работа двух талантливых конструкторов Я.М. Гаккеля и А.С. Кудашева на РБВЗ привела к выбору самолета нормальной схемы с тянувшим винтом. Правда, самолеты Гаккеля и Кудашева не пошли в серию. К середине 1911г. в Риге стали известны рекордные результаты полетов новых самолетов молодого киевского конструктора Игоря Ивановича Сикорского. Тогда дирекция завода РБВЗ решила отказаться от дальнейших услуг А.С. Кудашева и пригласить возглавлять Авиационный отдел завода И.И. Сикорского. По договору с Сикорским дирекция РБВЗ создавала самостоятельное Авиационное отделение в Петербурге, сохраняя в Риге механические, инструментальные и литейные цеха, которые продолжали выпускать вагонную и автомобильную продукцию, а также выполнять заказы на металлические части самолетов. А.С. Кудашев покинул Ригу и переехал в Петербург, где продолжил работу под руководством Сикорского в авиационном отделе РБВЗ. Найти решение основных

вопросов проектирования самолетов в то же время в Риге пытался и инженер Теодор Калеп (1866 – 1913). удучи директором товарищества «Мотор», имея высокую теоретическую подготовку, он пошел по пути сравнительного проектирования: для одной и той же схемы самолета, при одном типе мотора им начаты были одновременно проектирование и строительство самолета-биплана и самолета-моноплана. Журнал «Вестник воздухоплавания» № 7 за 1910 год писал об этих самолетах следующее: «...на заводе имеется совершенно готовый аэроплан системы завода «Мотор» (комбинация системы братьев Райт и Фармана): биплан на колесах и полозьях с вынесенными назад бипланными стабилизирующими поверхностями и рулем направления и с выдвинутым вперед бипланным рулем глубины. Аппарат этот двухместный, с двумя винтами и мотором собственной конструкции. Концы нижних несущих поверхностей снабжены колесами из русского тростника. Кроме того, завод приступил к постройке моноплана системы директора завода, инженера Калепа. Этот моноплан имеет несущую поверхность в 39 кв. м и весит 240 кг. Мотор и место пилота помещены под несущей поверхностью и, таким образом, центр тяжести опущен довольно низко. Концы несущих поверхностей снабжены колесами, и во всем аппарате сохранен принцип эластичности не в ущерб прочности». Есть сведения, что самолет-моноплан был успешно испытан уже в 1910 году.Аэродинамические исследования Н.Е. Жуковского, хорошо известные рижским специалистам, показывали целесообразность создания самолетов малых лобовых сопротивлений. Поэтому Т.Г. Калеп и начавшие работать на его заводе по постройке самолетов братья Дыбовские остановились на самолете нормальной схемы, моноплане, с тянувшей винтомоторной группой. Из расчетов было ясно, что путь повышения скорости и экономичности самолета был связан с улучшением его аэродинамических характеристик. Аэродинамическое качество монопланов в те годы достигало 6 – 7, против 4 – 5 у бипланов; соответственно лобовое сопротивление было меньше. Кроме того, серийное производство монопланов было дешевле ввиду существенно меньшего количества изготавляемых деталей для сборки несущих поверхностей. Таким образом, отечественные конструкции нормальной схемы и преимущественно монопланы стали господствовать в складывающейся рижской школе самолетостроения. Достаточно привести такие цифры: за 1910 – 1913 гг. в Риге из строившихся 13 новых самолетов 9 - были монопланы. Особого внимания заслуживает самолет-моноплан «Дельфин» братьев Дыбовских, Виктора Владимировича и Вячеслава Владимировича, построенный на заводе «Мотор» в 1912 – 1913 гг. Это был летательный аппарат, который опередил свое время по аэродинамической компоновке и технологии. Малое лобовое сопротивление самолета достигалось «зализанными» аэродинамическими формами, выбранными на основе рекомендаций Н.Е. Жуковского, капотированием

двигателя, гладкой жесткой обшивкой круглого по сечению фюзеляжа и обтекателями пилонов главного шасси и костиля. Применение шпона для выклейки фюзеляжа позволило получить плавные переходы и также снизить лобовое сопротивление самолета. Даже спицы колес были закрыты тонкими листами фанеры. Такая высокая аэродинамическая культура самолета была свойственна лишь скоростным монопланам начала 30-х годов. В течение длительного времени «Дельфин» Дыбовских являлся примером для подражания для многих отечественных и иностранных конструкторов. Этот самолет был спроектирован и построен в Риге, в Задвиине, на заводе товарищества «Мотор» под двигатель воздушного охлаждения «Калеп», производимый серийно на этом же заводе. В 1913 г. под управлением лейтенанта В.В. Дыбовского этот самолет принял участие в III конкурсе военных самолетов. Скоростные, высотные характеристики и дальность полета этих первых самолетов были с позиций нашего времени весьма скромными. Но в то время достижения авиации поражали умы людей. Награды и медали, завоеванные многими из рижских самолетов на международных выставках и конкурсах, показали их высокие качества и оригинальность разработки. Заслуга их авторов в том, что они сумели создать оригинальные конструкции, превзойдя многие иностранные достижения тех лет. Строились в Риге серийно и авиационные моторы – как на заводе товарищества «Мотор», так и на РБВЗ. В начале 1911 г. инженер Т.Г. Калеп попытался достичь соглашения с французской фирмой «Гном» о постройке авиационных двигателей ее системы на заводе «Мотор». Фирма заявила, что она даст согласие только в случае передачи ей 2/3 от чистого дохода ежегодно. Фирма исходила из того, что в Москве ей удалось получить еще большую долю прибылей при открытии там филиала фирмы «Гном и Рон». Товарищество «Мотор» отказалось от услуг фирмы и приступило к разработке своей системы авиационного ротативного двигателя воздушного охлаждения. 22 ноября 1911 г. Т.Г. Калеп подал заявку за № 50497 на получение патента на авиационный двигатель «внутреннего горения с радиально укрепленными на кривошипной камере вращающимися цилиндрами», которая была удовлетворена, и автор получил патент на этот двигатель за № 25057. Калеп разработал двигатель, который по надежности, эксплуатационным свойствам, весовым характеристикам и технологичности существенно превосходил французский «Гном». Достаточно сказать, что число деталей, необходимых для сборки каждого мотора, уменьшилось на 85 единиц. В феврале 1912 года на заводе «Мотор» была выпущена небольшая серия (семь штук) авиационных моторов «Калеп» мощностью в 60 л.с. Начались сравнительные испытания моторов «Гном» и «Калеп», которые подтвердили лучшие качества отечественного авиационного двигателя. Летные испытания мотора «Калеп» в Севастопольской школе авиации прошли также успешно. В акте испытаний от 22 декабря 1912 г. было записано, что

«в полете мотор работал хорошо, давал 1100 и более оборотов и вообще мощность его немного больше «Гнома» [1.27]. В результате, военное ведомство, заинтересованное в производстве авиационных моторов, признало высокое качество продукции рижского завода «Мотор». Мотор «Калеп» стал выпускаться серийно в следующих вариантах: 50 л.с. при массе 68 кг, 80 л.с. при массе 85 кг, а позднее – 100 л.с. при массе 110 кг. По сравнению с французским прототипом «Гном» рижские моторы «Калеп» имели более рациональную конструкцию, учитывающую требования эксплуатации в полевых условиях («разборка цилиндров продолжается 2 мин.»). Для повышения надежности работы поршни были выполнены с двойной обтюрацией и кольцами. Завод гарантировал «официально 30 ч непрерывной работы без уменьшения мощности». В апреле 1913г. Временная приемная комиссия, учрежденная при Воздухоплавательной части Главного управления Генерального штаба, участвовала в испытаниях в г. Риге на заводе «Мотор» переделанного этим заводом двигателя «Гном» и мотора «Калеп». В декабре этого же года комиссия вновь выехала в Ригу для приема готовой продукции. Как следует из «Ведомости аэропланов, изготовленных для ГВТУ на авиационных заводах по состоянию к 8 января 1915г. и заказанных за границей» на заводе «Гном и Рон» (французское отделение в Москве) было изготовлено 190 моторов «Гном» мощностью 80 л.с., а на заводе «Мотор» в Риге моторов «Калеп» мощностью 80 л.с. – 30 моторов. Из-за границы должно было поступить 100 моторов «Гном», прибыло же только 20, а моторов «Рон» из 50 не поступило ни одного! Как докладывалось в начале 1915 г. начальнику штаба Верховного Главнокомандующего: «Наш военный агент во Франции уведомил, что французское правительство отказывает нам в отпуске обещанных моторов, чем... нарушен весь наш план дальнейшего изготовления аэропланов». 18 февраля 1915г. в Ставку Верховного Главнокомандующего поступила телеграмма, где говорилось: «Что расчеты на получение аппаратов и моторов из-за границы не оправдались, и когда будут получены неизвестно». В телеграмме спрашивалось разрешение по заказу новых самолетов и моторов на отечественных заводах. В связи с этим военное ведомство дополнительно заказало на рижском заводе «Мотор» еще 30 моторов, а на заводе «Гном и Рон» в Москве – 40. Так, неумение царского правительства распорядиться творческими силами отечественных конструкторов и имеющихся, пусть небольшого числа, заводов поставило в военные годы русский воздушный флот в тяжелейшее положение. А ведь еще в апреле 1913г. комиссия Главного инженерного управления, обследовавшая производственные мощности завода «Мотор», пришла к выводу, что этот рижский завод способен выпускать в год более 500 авиационных двигателей, что вполне обеспечило бы нужды авиации России. Не были использованы и производственные мощности крупнейшего рижского завода РБВЗ, где проводились работы по

изготовлению двигателей водяного охлаждения мощностью до 166 л.с. типа РБВЗ-6 («Аргус»). В 1913 году в Риге начало функционировать и третье авиационное предприятие – мастерские пилота-авиатора Владимира Викторовича Слюсаренко и Лидии Виссарионовны Зверевой – первой русской летчицы, которая первая, из семи русских женщин, получила летную подготовку. В возрасте двадцати одного года она окончила Гатчинскую авиационную школу Первого русского товарищества Воздухоплавания под Петербургом (диплом от 10.8.1911 г. номер 31). Другими первыми летчиками были: Анатра Е.В., Голанчикова Л.А., Самсонова Е.П., Долгорукая С.А., Шаховская Е.М. и Чуприна В.И. Ни в одном из современных изданий не упоминаются их имена, хотя они достойны войти в список авиаторов, которые участвовали в становлении отечественной авиации. Когда в 1913 г. Слюсаренко открыл в Риге летнюю школу, то главным инструктором в ней оказалась Лидия Виссарионовна Зверева. Так же, как при получении своего диплома пилота-авиатора, она должна была подготовить учлета (не моложе 18 лет) для выполнения испытательных полетов. При этом инструктор руководствовался «Международными правилами для получения пилотских дипломов». Приведем выписку из правил получения «диплома пилота-авиатора», которая отражает достигнутый к началу первой мировой войны технический уровень авиации. В правилах было записано следующее: «Для получения диплома надо выполнить три испытания: а) два испытания на дальность полета, причем каждое испытание заключается в совершении полета без прикосновения к земле или воде, по замкнутому кругу длиной не менее 5 километров; б) одно испытание на высоту, заключающееся в подъеме на высоту не менее 100 метров над местом взлета; слет на землю должен быть выполнен планирующим спуском. Во всех трех испытаниях экзаменующийся должен находиться на аэроплане совершенно один. Посадка должна выполняться без всяких повреждений аэроплана, и комиссар в своем протоколе должен отмечать те условия, при которых таковые имели место» (стр. 53-54 [1.14]). К моменту открытия летной школы в Риге Слюсаренко и Зверева имели уже большое число демонстрационных полетов по городам России, которые были для них единственным источником существования. Когда же их самолет был уничтожен бурей, они вообще остались без средств и, чтобы расплатиться с владельцами Скакового поля в Тифлисе, где проводились полеты, вынуждены были отдать и последнюю свою ценность – исправный мотор этого самолета. Так их трудная судьба привела в Ригу, где они по заказу военного ведомства, получив субсидию, приступили к производству самолетов-разведчиков типа «Фарман-XVI». Первый заказ военного ведомства был оформлен на два самолета. Летные испытания, проведенные В.В. Слюсаренко в Риге в октябре 1913 г., показали высокое качество самолетов русской постройки. Заводу был открыт заказ еще на восемь самолетов,

которые были сданы к лету 1914 г. Отсутствие средств и слабость производственной базы не позволили Слюсаренко развернуть в это время работы по своим конструкциям. К началу первой мировой войны завод регулярно выпускал на испытания 3 самолета в два месяца, не считая текущих ремонтов самолетов летной школы «Фарман-IV», поломки которых в период первых полетов происходили довольно регулярно. Начало войны и приближение фронта к Риге заставило перебазировать завод со всем персоналом и оборудованием в тыл, в Москву, где было расширено производство самолетов и продолжена конструкторская работа по созданию модифицированных самолетов, начатая В.В. Слюсаренко еще в Риге. Конструктором-энтузиастом воздухоплавания был в Прибалтике в те годы Карлис Скаубитис (1889 – 1929) – пионер авиации в Латвии. Первоначальную авиационную подготовку он получил на курсах мотористов при Петербургском политехническом институте, а позднее закончил школу летчиков 1-го Русского товарищества Воздухоплавания в Гатчине, участвовал в боевых действиях первой мировой войны, совершив 95 боевых вылетов. Однако до этого, еще в 1909 г., он спроектировали построил оригинальный самолет – четырехплан с двигателем внутреннего сгорания. В то же время совершал и регулярные полеты на воздушном шаре по городам Прибалтики и России (всего 56 полетов). Вскоре, в 1911 году, Скаубитис построил новый самолет: на этот раз бипланной схемы [1.6]. В 1911 г. в Риге начал свою конструкторскую работу и самый молодой в то время авиатор России – Александр Александрович Пороховщиков (1892 – 1943) – сын известного архитектора. Он не только спроектировал и построил легкий расчалочный моноплан, но и 26 июня 1911 г. сам успешно испытал его в Риге. После чего им же был сделан еще ряд полетов продолжительностью до 12 мин. Каждый. Самолет имел четырехцилиндровый двигатель воздушного охлаждения мощностью в 22 л.с. В качестве лонжеронов прямоугольного крыла были использованы стальные трубы. Самолет был выполнен по нормальной схеме и снабжен элеронами. Никакой кабины для летчика не было. Летчик без каких-либо удобств садился верхом на балку-фюзеляж и управлял рулём поворота, рулём высоты и элеронами. Самолет был представлен на 2-ю Международную выставку в Москве в 1912 г. Несмотря на отъезд из Риги, Пороховщиков не порвал с ней творческих связей. В 1915 г. на РБВЗ по его проекту был построен первый в России танк. Можно предполагать, что идея создания танка Пороховщикову пришла после постройки им гусеничного шасси для самолета. Это шасси он спроектировал и построил уже в Петрограде для своего второго самолета «Би-Кок». Взамен колес на этом самолете были поставлены две «гусеницы». По конструкции это были брезентовые бесконечные ленты на семи установленных в ряд деревянных барабанах. Два внешних барабана имели большой диаметр (20 см), а пять внутренних – малый. По-видимому, это было первое такое шасси, испытанное на

самолете. Позднее, с 1917г. до начала 20-х годов, Пороховщиков специализировался по постройке учебных самолетов, которые выпускались серийно вплоть до 1923г. Другим оригинальным латышским авиационным конструктором был Эдвард Пульпэ (1886 – 1916). Получив высшее физико-математическое образование в российском университете, он вернулся в Латвию, где стал работать преподавателем в государственной гимназии в Риге. Здесь он в 1912 году спроектировал, построил и испытал свой первый самолет-моноплан [1.6]. Нельзя не отметить в эти предвоенные годы и успехов в пилотировании летчиков, находящихся в латышском крае. Известно, что в августе 1913г. в Киеве летчик П.Н. Нестеров выполнил первую в истории авиации «мертвую петлю», доказав на практике теоретическое положение Н.Е. Жуковского о возможности совершения таких маневров, изложенное еще в 1891г. в исследовании «О парении птиц». Менее чем через четыре месяца после успешного полета Нестерова, в Либаве (г. Лиепая) 15 декабря 1913г. «мертвую петлю» на поплавковом гидросамолете выполнил морской летчик лейтенант Илья Ильич Кульнев. Этот выдающийся полет он совершил на гидросамолете производства авиационного отделения РБВЗ в Петрограде марки РБВЗ-С-10. В отличие от Нестерова, он, выйдя в верхнюю точку мертввой петли, продолжил полет вверх поплавками гидросамолета по прямой в течение более одной минуты. После этого он замкнул кривую петли. Таким образом, полет Кульнева стал первым пилотажем на гидросамолете. Кроме того, до Кульнева не совершался столь длительный перевернутый полет. Журнал «Аэро- и автомобильная жизнь» №1 за 1914г., сообщая об этом выдающемся событии, отмечал, что на память об этом полете энтузиасты авиации латышского края преподнесли Илье Кульневу серебряный кубок. Но самыми большими энтузиастами авиации были студенты Рижского политехнического института. В 1909г. в этом институте, который занимал нынешнее здание Латвийского госуниверситета, группа студентов под руководством Фридриха Артуровича Цандера – студента механического факультета – учредила Рижское студенческое «Общество воздухоплавания и техники полета». Будучи человеком, увлеченным воздухоплаванием и межпланетными полетами, он увлек за собой и большую группу студентов механического факультета, которые получили поддержку в своей работе от инженера Т.Г. Калепа. Калеп был хорошо знаком с Фридрихом Цандером, который жил в Задвинье недалеко от завода «Мотор» и часто там бывал, являясь стажером от РПИ. Цандер не раз приглашал Калепа на заседания «Общества воздухоплавания». 8 апреля 1909г. был утвержден «Устав 1-го Рижского студенческого общества воздухоплавания и техники полета при РПИ». В Уставе указывалось два главных направления деятельности Общества: теоретическое – «научные прения и предварительные работы для построек» и практическое –

«постройка аэропланов, летательных аппаратов... и предварительные испытания» [1.34]; шла речь об изучении теории полета, разработке и постройке реальных конструкций планеров и самолетов. Уже в 1909г. кружковцы-студенты РПИ строят первый свой планер. Руководил этой работой Ф.А. Цандер. Однако пытливого юношу не устраивало только решение задачи полета в земной атмосфере. Труды К.Э. Циолковского побудили его обратиться к мечте об овладении космосом, о создании космического корабля. Эта мечта в виде реальных математических формул и расчетов воплотилась в его многолетнем исследовании названном им «Космические (эфирные) корабли, которые обеспечат сообщение между звездами. Движение в мировом пространстве» [1.27]. Начатая в октябре 1908г., работа открывалась следующими словами: «Интересно рассмотреть вопрос о том, какой потребуется запас энергии, чтобы при современном состоянии техники долететь до других планет (звезд). Наилучшим способом ускорения какого-либо тела является использование силы реакции истечения газа» (с. 396 – 397). И далее приводятся расчеты потребной работы по подъему летательного аппарата на высоты 5000 – 6000 км. (табл. 2 - с. 398 - 399) [1.30]. Через месяц Ф.А. Цандер выполняет расчеты запаса кислорода, который «необходимо иметь на борту космического корабля для обеспечения жизнедеятельности одного человека в течение определенного времени». Рижского студента волновал вопрос: хватит ли рассчитанного им запаса кислорода при полете от Земли до Марса и Венеры, если вентиляцию в кабине корабля осуществлять «за счет постоянного прохождения выдыхаемого воздуха через адсорбирующую жидкость, ...поглощающую углекислый газ, в этот очищенный воздух добавлять необходимое количество кислорода из кислородного баллона» (с. 400) [1.43]. По мере продвижения вперед молодой исследователь встречал все новые и новые проблемы. Так Цандер понимал, что космическим кораблям будут нужны значительно большие запасы топлива, чем те, которые смогут разместиться в их баковых отсеках. Осенью 1912г. им был найден выход. «Энергия может быть увеличена (суммарная энергия), если применить металлическое топливо (элементы конструкции летательного аппарата и двигателя» (с. 422) [1.43]. Смелая мысль, которая, конечно, будет реализована человечеством на его трудной дороге в дальний космос. Все эти работы рижского периода жизни Фридриха Цандера [1.47] легли в основу его позднейших фундаментальных исследований, опубликованных в Москве в 1932 – 1936 гг., таких как «Проблемы полета при помощи реактивных аппаратов» и «Применение металлического топлива в реактивных двигателях». Чертежи межпланетного корабля Ф.А. Цандера были опубликованы в 1924г. в журнале «Техника и жизнь» №13 в его статье «Перелеты на другие планеты». Создание первых жидкостных ракетных двигателей ОР-1 (1931г.) и ОР-2 (1933г.) конструкции Ф.А. Цандера явилось первым, но и последним практическим шагом Ф.А. Цандера (1887 – 1933)

к осуществлению его мечты о межпланетных полетах. Таким образом, начальные годы становления авиационных идей в Риге определялись теорией и практикой создания первой авиационной техники и той неизвестной тогда для научной общественности работы, которую вел Фридрих Цандер в области космоплавания. Практическая работа по постройке летательных аппаратов оригинальной конструкции шла в студенческом обществе РПИ на заводе Т.Г. Калепа, который предоставлял студентам мастерские для их работ. Изучив книгу ученика Н.Е. Жуковского – профессора Киевского политехнического института Н.Б. Делоне, «Как построить дешевый и легкий планер и научиться летать на нем», студенты РПИ построили балансирный планер и начали его испытания под Ригой. Полеты шли успешно: планер имел хорошие характеристики устойчивости, а управление его осуществлялось перемещением тела пилота, подвешенного подмышки к планеру. По схеме – это был коробчатый биплан с вынесенным назад хвостовым оперением. В 1910 г. завод «Мотор» приобрел самолет-биплан «Райт» берлинского производства и в марте этого же года выставил его для обсуждения на выставке «Общества воздухоплавания» в Риге. Публичный полет на нем в конце мая в Риге был неудачным. Т. Калеп, изучив его конструкцию и характеристики, отказался от постройки самолета такой схемы. Появление активно работающего Рижского «Общества воздухоплавания» не могло не привлечь к его деятельности внимание широкой общественности: публичные полеты на планере, лекции и доклады по авиации и межпланетным полетам, организация выставки летательных аппаратов в Риге в 1910 г. – вот небольшой перечень работ членов «Общества». Не могли не откликнуться на это увлечение авиацией в Риге и «сильные мира сего», которые решили организовать свое отделение аэроклуба по примеру подобных столичных организаций. На Школьной улице Риги (ныне улица А. Упита) в доме № 3-а в 1910 г. был открыт Первый Балтийский автомобильный и аэроклуб (1Б.А.А.-К). Такие же аэроклубы и общества воздухоплавания были созданы примерно в это же время в Петрограде (Всероссийский аэроклуб в 1908 г.), в Киеве (К.О.В. – 1909 г.), в Москве (М.О.В. – 1910 г.), в Одессе (О.А.К. – 1908 г.). Рижский клуб был довольно многочислен. Если в Московском «Обществе воздухоплавания» – наиболее сильной общественной организации, где председателем научно-технического комитета был профессор Н.Е. Жуковский, в 1915 г. насчитывалось 343 действительных члена, то в Рижском аэроклубе – 180 человек [1.10]. Однако, Рижский аэроклуб не оставил после себя такой добной памяти, как студенческое «Общество воздухоплавания» РПИ. Связь с реальной практикой создания летательных аппаратов, с научными исследованиями отличали работы этого общества. Зная труды Н.Е. Жуковского, научная общественность РПИ приняла решение: в честь 60-летия со дня его рождения принять участие в его чествовании и избрать почетным членом РПИ. Большую работу по пропаганде

идей авиации вели члены общества в дни прилета в Ригу и другие города Латвии летчиков, совершивших международные перелеты. Так, летом 1912г. (с 14.07. по 7.08.) русский летчик В. Абрамович на своем самолета «Райт – Абрамович» совершил уникальный перелет из Берлина в Петербург с посадками в Митаве и Риге, где его встречали рижские энтузиасты авиации. В августе 1913г. (с 6 по 18.08.) французский летчик Жануар с посадкой в Риге совершил перелет из Парижа через Берлин в Петербург. С 10.06. по 2.07. 1913г. французскийaviатор Б. де Мулине совершил перелет Париж – Петербург – Париж. Вечером 15 июня он приземлился в Двинске (Даугавпилсе), пройдя расстояние 550 км от Варшавы за 5 ч 40 мин полета. Посадка в Двинске была неудачной: произошла поломка колеса. Потребовались большие усилия двинских любителей авиации, чтобы к утру 16 июня восстановить самолет и осуществить его вылет по маршруту Двинск – Псков – Петербург [1.3]. Встречи с героями международных перелетов, помочь им в подготовке самолетов к дальнейшим полетам, проведение необходимых ремонтных работ были важными событиями для всех, кто участвовал в работе авиационных обществ. Таким образом, в годы становления авиации в России (1909 – 1913гг.) в Риге оказалось сосредоточено и начали работать три авиационных предприятия. Появились добровольные авиационные общества. Эти обстоятельства сделали Ригу одним из ведущих в стране центров развития авиационных идей. Только за 1909 – 1913 гг. – за четыре года – в Риге было разработано и построено около полутора десятков самолетов оригинальной конструкции, не считая планеров и воздушных шаров. В табл. 1 приведен список самолетов, постройка которых в Риге подтверждается документально. Их конструкторы: русские, латыши, украинцы, эстонцы – более десятка фамилий. Среди известных в России конструкторов в те годы был и уроженец Митавы (Елгавы) Янис Стеглау. Его двухместный биплан «С.» №2 с двигателем «Аргус» мощностью 73,5 кВт участвовал в конкурсе военных российских аэропланов в 1912 и привлек внимание рядом новых технических решений (фанерная работающая обшивка крыла, сварные X-образные стояки коробки крыльев и др.). В Риге на РБВЗ в течение только 1911г. было построено десять самолетов, из них три – оригинальной отечественной конструкции; на заводе «Мотор» в течение 1910 - 1913 гг. строилось четыре оригинальных самолета, в мастерских Слюсаренко за 1913 год построено 10 самолетов. Всего же в Риге за первые четыре года развития авиации в России было построено более 30 самолетов. Смерть в 1913г. главного конструктора завода «Мотор» Теодора Калепа остановила дальнейшие работы по самолетам на этом заводе, а перевод Авиационного отдела РБВЗ в Петербург с весны 1912г. перенес окончательно центр всех новых авиационных работ из Риги в Петербург. Немного позже, по военным соображениям, из Риги были вывезены мастерские Слюсаренко и завод «Мотор». В двадцатилетний период независимой

Латвии авиационные наука и техника развивались не столь бурно. Были отдельные издания по теории и практике авиации, постройка спортивных самолетов и модификаций иностранных конструкций. В 1924 г. в Риге вышло руководство по аэронавигации [1.45], а в 1932г. одна из первых в те годы работ по безопасности полетов «Борьба с катастрофами самолетов» [1.47], автором которой был известный летчик русской авиации первой мировой войны И.С. Башко (1889 – 1946) [1.6, 1.13, 1.43]. В 1925г. был построен и испытан в Латвии спортивный двухместный моноплан С-III [1.7], снабженный звездообразным двигателем воздушного охлаждения «Анзани». Обладая максимальной скоростью у земли в 120 км/ч и посадочной скоростью 65 км/ч, самолет С-III использовали в летной школе спортивного аэроклуба «Лидотаю Биедриба». В середине 20-х годов вел работы по модификации немецкого самолета типа «Гольберштадт» летчик-конструктор К.П. Скаубитис. По измененному проекту было построено несколько экземпляров. Организация военной авиации в этот период началась в Латвии с июля 1919г. Сначала на вооружение поступили самолеты, оставшиеся от русской армии. Затем, после провала в октябре 1919г. авантюры Бермондта-Авалова по воссозданию «Балтийского герцогства», в руки правительства попали и самолеты так называемой «Западной армии», которой командовал Бермондт. К 1923 году в состав военной авиации входили разнотипные устаревшие самолеты выпуска периода первой мировой войны: Ньюпоры, Сопвичи, Альбатросы, Гольберштадты Гановеранеры, Фоккеры, Эльфауге и другие. Только три типа сравнительно новых самолетов в количестве 11 экземпляров было закуплено за границей в конце 1922г. Это были итальянские двухместные разведчики-бипланы SVA и летающие лодки «Макки» M-7, а также английские истребители-бипланы Бердмор WB-III. В авиационных справочниках тех лет в разделе «Латвия» указывалось «Авиационная промышленность отсутствует» (с. 127) [1.8]. К 1939 году в вооруженных силах Латвии был один авиационный полк, который входил в состав дивизии, объединяющей все технические средства армии. Военной авиацией руководил инспектор авиации, подчиненный министру обороны. Летный состав готовился в двух летных школах: в Риге – для сухопутных самолетов, в Лиепае – для гидроавиации. Авиапарки находились в Риге и Лиепае. По состоянию на 1 января 1939г. общее наличие военных самолетов в строю составляло: сухопутных – 62, гидросамолетов – 16. Кроме того, были еще самолеты запаса – 32 единицы. Всего числилось 110 военных самолетов и 13 гражданских [1.9]. Это были устаревшие модели, выпущенные еще в конце 20-х годов. В число истребителей входили английские истребители-бипланы Бристоль «Бульдог» выпуска 1927г. К 1936г. они уже были сняты с вооружения в английских BBC. Кроме того, были довольно многочисленные польские истребители-высокопланы PZL P-11 выпуска 1931 года и устаревшие французские истребители «Луар-32». Весьма многочисленны были

ческие легкие бомбардировщики и разведчики-бипланы «Летов S -16», закупленные еще в 1927г. в количестве 22 штук. Этот двухместный расчалочный биплан выпуска 1926 года был снабжен двигателем французского производства «Испано-Сюиза» мощностью 450 л.с. Шестнадцать гидроразведчиков отличались чрезвычайным разнообразием по типам. В числе их были итальянские «Савоя-16», английские Фенри «Сил» и очень старого производства французские «Анрио-19». Очевидно, что такое разнообразие типов самолетов и двигателей, к тому же и их большой износ, требовали непрерывного ремонта, что осуществить было весьма сложно. Только отдельные заказы на ремонт, сборку, изготовление деталей некоторых самолетов принимали два рижских завода: завод ВЭФ и предприятие «Бахман и Ко» [1.9]. Но за всем остальным приходилось обращаться к заграничным фирмам. Гражданской авиацией Латвии руководило также военное ведомство. Первые воздушные сообщения с Латвией, установленные после окончания первой мировой войны, включали в себя авиалинии, связывающие Ригу и Либаву с некоторыми европейскими городами. Так, в 1920г., за 3 ч 35 мин можно было из Риги через Либаву (Лиепая) попасть в Кенигсберг, а оттуда в Варнемунде [1.3]. 15 октября 1921г. пилот Маддалена за 19 ч 50 мин прошел воздушный путь из Милана в Стокгольм и далее в Ригу – Ревель (Таллинн) – Гельсингфорс (Хельсинки) [1.3]. Большое число спортивных и военных самолетов было построено и испытано в 1936 – 1940 гг. в Риге на заводе ВЭФ (монопланы ВЭФ 1-23, 1-24, 1-25, 1-26, 1-27 и др.). В 1938-39 гг. через Ригу проходили международные авиалинии: Москва – Рига – Стокгольм, Варшава – Рига – Таллинн [1.9]. Спортивная авиация была объединена в аэроклуб «Лидотаю Биедриба» [1.9], имеющий летную школу в Риге и мастерские по постройке спортивных самолетов в Даугавпилсе. В 1939 г. на заводе ВЭФ в Риге начались работы по подготовке к серийному производству современных самолетов. Большую помощь в этом деле руководству завода оказал прибывший из США профессор Ян Акерман (1897 – 1972). Латыш по происхождению (родился в Рундале), он получил начальное авиационное образование на «Теоретических курсах авиации» при Московском высшем техническом училище под руководством профессора Н.Е. Жуковского и его учеников, завершил свое образование в США (Мичиганский университет), где и стал известным авиационным специалистом [1.48]. Об истории развития авиационных конструкций в этот период в Латвии и латвийских авиаторах 20-го века можно прочитать [1.54,1.55].

1.2 Начало научных исследований и подготовки специалистов в области авиации в Риге

Начало научных исследований в Риге положило создание в 1947 году высшего военно-авиационного инженерного училища (РКВИАВУ). Рижское

Краснознаменное высшее инженерно-авиационное военное училище и из которого возник в 1960г. Рижский институт инженеров гражданской авиации, было создано на базе двух ленинградских учебных заведений, в послевоенные годы находившихся в Риге. Это были 1-е и 2-е Ленинградские Краснознаменные инженерно-авиационные военные училища. 2-е из них было создано на базе «Военно-теоретической школы летчиков» ВВС РККА им. Ленинского комсомола, которое в своей основе имело упоминавшуюся в первом разделе Гатчинскую авиационную школу летчиков 1-го русского товарищества воздухоплавания. Как известно, эту школу, расположенную вблизи Петербурга, окончили многие выдающиеся деятели отечественной авиации. В 1911 г. школу окончил Константин Константинович Арцеулов, впервые в 1916 году выполнивший на самолете управляемый штопор, а в 1912 году выпустился из школы Петр Николаевич Нестеров – выдающийся русский летчик, автор «мертвой петли». В 1911 г. окончили школу упоминавшиеся в 1-м разделе Л.В. Зверева, В.В. Слюсаренко, К. Скаубитис и другие. Осенью 1917г., после победы Великого Октября, Гатчинская школа была переименована в народно-социалистическую авиационную школу. Первое ленинградское Краснознаменное инженерно-авиационное военное училище формировалось в 1946 г. на базе Ленинградских Краснознаменных авиационно-технических курсов, которые, в свою очередь, берут свое начало от «1-й авиационно-технической школы», утвержденной в июле 1919 г. в Петрограде. Выпускниками-техниками этой школы были конструкторы авиационных двигателей В.К. Климов и В.П. Кузнецов, позднее учившиеся в академии. Слияние традиций двух старейших авиационных школ и обеспечило появление в Риге нового высшего военного учебного заведения по подготовке авиационных инженеров для ВВС по самолетам и двигателям, радиоэлектронному оборудованию, электроспецоборудованию и вооружению самолетов. Первоначально новое училище носило имя К. Е. Ворошилова, а с 1959г. стало называться Рижское Краснознаменное высшее инженерно-авиационное военное училище имени Ленинского комсомола (РКВИАВУ). Молодой вуз разместил инженерный факультет и факультет вооружения на Самаринской улице в казармах и помещениях, построенных еще в XIX веке военным ведомством. Здесь размещался 98 Вяземский стрелковый полк – участник русско-японской войны и первой мировой. В 1947 году получил назначение в качестве первого проректора по научной и учебной работе только что созданного высшего военно-авиационного инженерного училища профессор С.Г. Козлов. Он и принес на латышскую землю эстафету развития авиационной науки и техники. Вокруг профессора Козлова в Риге образовалась группа авиационных ученых – всего около двадцати человек, прибывших из Москвы и Ленинграда и обладавших опытом научной и преподавательской работы. В течение 1947 – 1948 гг. эта группа ученых

определеняла главные научные направления, по которым должны были развиваться авиационные исследования в вузе. Они привлекли к решению поставленных научных проблем способных молодых инженеров и преподавателей вуза, из числа которых в последующем вышли видные ученые Советской Латвии. Первым важным шагом в научной деятельности молодого авиационного вуза было проведение в мае 1948 года Первой научно-технической конференции по вопросам развития авиационной науки с участием ведущих ученых Латвии Проблемы, которые были вынесены на обсуждение конференции, были связаны с развитием методов расчета на прочность планера самолета и аэродинамики больших скоростей. В эти годы в стране повсеместно проходил переход с поршневой авиации на реактивную. Проблема «штурма звукового барьера» волновала умы авиационных конструкторов и ученых. Послевоенный период советской авиации проходил в период начала научно-технической революции, которая ознаменовалась, в частности, наступлением века реактивного самолета. Уже в апреле 1946 г. первые советские реактивные истребители Як-15 с реактивным двигателем РД-10 и МиГ-9 с реактивным двигателем РД-20 были подняты в воздух. О первых реактивных самолетах, их разработке и освоении можно многое узнать в монографиях Р.И. Виноградова [1.17., 1.18., 1.19.].



Як-15

Миг-9

КБ А.С. Яковлева в 1947г. создало для широкого серийного производства самолет Як-23 с прямым трапециевидным крылом, а КБ А.И. Микояна и КБ С.А. Лавочкина выпустили на испытание самолеты со стреловидными крыльями: истребитель МиГ – 15 с двигателем РД – 45Ф; истребитель «Стрелка» (Ла – 160) с двигателем РД – 10Ф – первый советский самолет со стреловидным крылом. В 1949 г. были созданы первые строевые части ВВС, вооруженные фронтовыми реактивными истребителями МиГ – 15 со стреловидным крылом. Нужны были кадры военных авиационных инженеров, способных грамотно эксплуатировать и совершенствовать эту сложную технику. Такие кадры и призвано было готовить Рижское ВИАВУ, а его преподаватели и научные работники – искать пути по разрешению проблем, которые во множестве стало ставить развитие реактивной авиации. Среди них немаловажную роль играли проблемы прочности и аэrodинамики трансзвукового и сверхзвукового реактивного самолета, явления сжимаемости воздушного потока и аэродинамический нагрев конструкции на столь высоких скоростях. Эти исследования тем более были необходимы, что

появление самолетов со стреловидными крыльями, имеющими углы стреловидности до 45°, сулило в ближайшем будущем преодоление «звукового барьера» (числа $M = 1$). И действительно, уже в декабре 1948 г., а затем в январе 1949 г. летчики-испытатели И.Е. Федоров и О.В. Соколовский (www.testpilot.ru/base/2010/05/sokolovskij-o-v) на опытном самолете КБ С.А. Лавочкина Ла – 176 достигли сверхзвуковой скорости полета, соответствующей числу $M = 1,02$. Позднее, в феврале 1950 г. на самолете МиГ – 17 летчик-испытатель И.Т. Иващенко достиг сверхзвуковой скорости, соответствующей числу $M = 1,03$. Самолет-истребитель МиГ – 17 начал строиться в серии. Начиналась эра сверхзвуковой авиации, поэтому понятно внимание рижских авиационных ученых к проблемам прочности и аэrodинамики самолетов больших скоростей. Уже в 1947 г. в училище были развернуты работы в этих направлениях и были изданы первые работы по аэродинамике и прочности околозвуковых и трансзвуковых самолетов.



Ла-176



О.В Соколовский, И.Е Федоров

Труд Павла Петровича Осокина по этому вопросу, изданный в Риге в 1947 г., был первым в ВВС страны учебным пособием, вводящим инженеров и летчиков в эту новую область развития авиации. Исследование профессора С.Г. Козлова, проведенное в 1947 – 1948 гг. в Риге, позволяло отказаться от широко применяемого метода последовательных приближений, требующих большого объема расчетных работ и времени. Математическая модель, предложенная Козловым, опережала свое время и позволила в дальнейшем использовать цифровую электронно-вычислительную технику для решения этой сложной задачи. Н.Г. Калинином был предложен более совершенный метод расчета бесструнгера фюзеляжа с рабочей обшивкой, с «хребтовой балкой». Речь шла об использовании в конструкции фюзеляжа балок, которые по современной терминологии относят к бимсам – продольным балкам, работающим на изгиб в своей плоскости. Кроме использования этих балок в фюзеляжах, Калинин показал возможность создания цельнометаллического тонкостенного вагона с подобными несущими «хребтовыми балками». 29 июня 1960 г. вышло постановление СМ СССР об образовании Рижского института инженеров гражданской авиации.

Одновременно на базе научно-исследовательских лабораторий училища создалось Рижское отделение ГосНИИГА. Первым ректором РКИИГА был назначен Н.Г. Калинин. Позднее, в 1972 г., от РКИИГА отделился еще один научный центр – Центральный НИИ автоматических систем управления гражданской авиации. Пятидесятые годы ознаменовались началом крупносерийного производства новых типов самолетов реактивной авиации: сверхзвуковых фронтовых истребителей МиГ-19 (1952 г.), всепогодныхочных истребителей-перехватчиков Як-25 (1950 г.), фронтовых бомбардировщиков Ил-28 (1947 г.), дальних бомбардировщиков Ту-16 (1952 г.). Эти реактивные самолеты составляли основу воздушной мощи страны до конца 50-х годов – начала 60-х годов, когда на их смену стали приходить самолеты 3-го поколения сверхзвуковой реактивной техники. В начале 50-х годов в гражданскую авиацию также пришли реактивные лайнеры Ту-104, турбовинтовые самолеты Ил-18. Большие скорости требовали и нового бортового оборудования: авиационных радиолокационных систем различного назначения, радиоаппаратуры ближней и дальней навигации, радиолокационной системы слепой посадки, радиостанции ультракоротковолновой связи и т.д. В 1950 г. требовалось авиационных радиоспециалистов в 23 раза больше, чем это было 12 лет назад перед началом Великой Отечественной войны. Все это привело к созданию новых центров подготовки авиационных специалистов, как инженеров-механиков, так и радиоинженеров, инженеров по электроспецоборудованию реактивных самолетов. В 1967 г. в Риге начинает действовать второе высшее авиационное учебное заведение – Рижское высшее военное авиационное инженерное училище имени Я. Алксниса, состоявшее из инженерного факультета, факультета подготовки радиоинженеров и факультета инженеров по электроспецоборудованию. Этот авиационный вуз своими истоками имел сначала с ноября 1938 г. Курсы специальных служб морской авиации; с 1940 г. – Военно-морское авиационное училище специальных служб в городе Саргавала Карельской АССР. В 1953 г. училище было перебазировано в Ригу и разместилось на берегу живописного Кишозера на территории бывшей джутовой фабрики по улице Эзермалас. В 1957 г. оно передается в состав учебных заведений ВВС и переименовывается в Военное авиационное радиотехническое училище, готовя техников-радистов. В мае 1967 г. среднетехническое авиационное училище прекратило свое существование, и на его базе с 1-го сентября 1967 г. началась учеба на всех трех факультетах Рижского высшего военного авиационного инженерного училища имени Якова Алксниса. Так, к концу 60-х годов в Риге стали устойчиво работать несколько научных авиационных центров и два авиационных вуза [1.51, 1.52, 1.53].

Библиографический список литературы к главе I

- 1.1. Воздухоплаватели. Вестник Европы, 1819, №16.265 стр.
- 1.2. Beitler W. Von den aerostatischen Balons oder luftballen/Kunstferlis Mitausische-Monatschrift, 1784.,bol 1, Januar, S. 30-92 с.
- 1.3.Рынин Н.А. Воздушные сообщения: часть 1, Петроград, Госиздат, 1922.
- 1.4.Очерки по истории города. Состав. Я. Сколис, Рига, Лиесма, 1967.
- 1.5.Стучка П. За Советскую власть в Латвии. Сб. статей, Латгосиздат, 1964, 732 с.
- 1.6.Шавров В.Б. История конструкций самолетов в СССР до 1938 года. М.: Машиностроение, 1969, 600 .
- 1.7.Крейсон П. Самолеты за 20 лет (1913-1933). М.: Госмаштранзидат,1934.
- 1.8.Воздушный справочник. М.: Авиапроизводство, 1925.
- 1.9.Справочник по иностранным самолетам. М.: ЦАГИ, 1939.
- 1.10. Вейгелин К. Воздушный справочник. Ежегодник, ИВАК, Петроград,1916, 80 с.
- 1.11. Дузь П. История воздухоплавания и авиации в СССР. М.: Оборонзиз, 1960, 300 с.
- 1.12.Попов А. История воздухоплавания в СССР. Период до 1914 года, М.: Оборонзиз, 1944, 647 с.
- 1.13.Приказы по КВВФ РСФСР, ВВФ №4, 1918, с.8-10.
- 1.14.Рукописные материалы Ф. Цандера в архиве АН РФ. Научное описание. / Состав. С. Воронков, Ю. Клычников и др/ М.: Наука, 1980, 128 с.
- 1.15.Командарм крылатых// Сб. воспоминаний и очерков о Я. Алкснисе/. Рига, Лиесма, 1973.
- 1.16.Jēkabs Alksnis Atmiņas, apraksti, dokumenti, Riga, Avots, 1980.
- 1.17.Виноградов Р., Минаев А. Краткий очерк развития самолетов СССР, М.: Воениздат, 1985, 256 с.
- 1.18.Из истории советского самолетостроения, Рига, РКВИАВУ, 1953.
- 1.19.Виноградов Р., Минаев А. Самолеты СССР, М.: Воениздат, 1961, 300 с.
- 1.20.Зильманович Д. Пионер советского ракетостроения Ф. Цандер, М.: Воениздат, 1966, 192 с.
- 1.21.Виноградов Р., Зайцев В. Русские самолеты –истребители, М.: Воениздат, 1955.
- 1.22.Виноградов Р., Минаев А. Советские самолеты-истребители, М.: Воениздат, 1985 с.
- 1.23.Касторский В. Е. Жуковский Н. Е.- творец теории несущего винта. Вестник Воздушного флота, 1949, №10, с. 14-19.
- 1.24.Создание самолетов современной схемы. /НТС,вып.9,Рига РКВИАВУ, 1952 с. 3-32.
- 1.25.Виноградов Р., Крылья Родины, 1951, №6.
- 1.26.Научные работы проф. В. Ветчинкина// Вестник Воздушного флота, 1955, №9
- 1.27.Виноградов Р., К. Циолковский и современная авиация, Вестник Воздушного флота, 1955, №9
- 1.28.В. Ленин у истоков советской авиации// Авиация и космонавтика, №6, 1970
- 1.29.Красовский С. Уроки командарма //Сов. Латвия 25.01 1972
- 1.30.Граудинь К. Командарм Я. Алкснис //Сов. Латвия 3.10 1957.
- 1.31.Меднис К. Яков Алкснис. Жизнь в авиации, Рига, Латгосиздат, 1961.
- 1.32. Medne Kristine Alksnis Jēkabs, Rīga, 1960.
- 1.33. Alksnis Jēkabs LPE, B.1.Riga, 1981.
- 1.34. Aviācija LPE, B.1., Riga, 1981.
- 1.35.Зильманович Д. Теодор КАлеп. М.: Наука, 1970.
- 1.36.Зильманович Д. Фридрих Цандер. Детство, юность, первые исследования. Рига, Зиннатне, 1967.
- 1.37.Виноградов Р. Первые авиаконструкции в Латвии//Наука и техника. № 9,1985, с.28-30.
- 1.38.Страдынь Я. Рижский период жизни и деятельности Ф. Цандера (1887-1915) // Из истории естествознания и техники Прибалтики: Сб. статей, Рига, ЗиннатнēT.2, 1971.
- 1.39.Страдынь Я. Латышский механик-самоучка Э.И. Бинеман// Из истории естествознания и техники Прибалтики: Сб. статей, Рига, ЗиннатнēT.3, 1971.
- 1.40.Страдынь Я. Первые Цандеровские чтения // Из истории естествознания и техники Прибалтики: Сб. статей, Рига, ЗиннатнēT.3, 1971.
- 1.41. Stradiņš. Pirmais padomju rākešu būvētāis . Zvaigzne N 15, 1961.

- 1.42.Балклав А. Роль Ф. Цандера в развитии советской ракетной техники // Из истории техники ЛССР №1 А, Рига 1959 с.103-113
- 1.43.Цандер Ф. Космические корабли / Из истории естествознания и техники Прибалтики: Сб. статей, Рига, ЗиннатнеT.4, 1972.
- 1.44.Цандер Ф. Сборник трудов/ составитель Г. Тетерс/, Рига, Зиннатне 1977, 568с.
- 1.45.Виноградов Основные этапы развития научных исследований по безопасности полетов летательных аппаратов в учебных заведениях Латвии XV Прибал. Конференция РПИ, Рига1987.
- 1.46.Baško J. Aeronavigācija, Rīga 1924, 162 lp.
- 1.47.Виноградов Р. Поиск в пути //Командарм крылатых: Сб. воспоминаний, очерков и документов. /Рига, Лиесма, 1973.
- 1.48.Страдынь Я. Петровская академия и научная деятельность ее профессоров. / Из истории естествознания и техники Прибалтики: Сб. статей, Рига, ЗиннатнеT.5, 1976.
- 1.49.Baško J. Cīpa ar lidmašīnu katastrofām Rīga, 1932.
- 1.50. Akermanis J. LPE. B.1. GER. Rīga, 1981, 115 lp.
- 1.51.Шестаков В.З «Рижскому авиационному университету-80 (1919-1999)», Рига 1999 г., 168 стр.
- 1.52.Шестаков В.З «Хроника катастрофы Рижского авиационного университета» “HOLDA”, Рига, 2009.
- 1.53.Шестаков В.З «Длинная дорога в авиации. От спецшколы ВВС до РКИИГА», “HOLDA”, Рига, 2009
- 1.54. K. Irbītis Latvijas aviācija un tās pionieri. Rīga, Zinātne, 2004,158 lp.
- 1.55. E. Brūveris Latviešulidotāji zem svešiem karogiem. Biedrības VIVAT, 2014, 421lp.

Г л а в а 2. Развитие методов полного и неполного методов физического моделирования при исследовании работы авиационных конструкций

Начиная с 50-х годов в Рижском КВИАВУ был поставлен широкий фронт работ по изучению явлений вынужденных и автоколебаний конечных амплитуд частей планера самолета. Трудности изучения этих явлений на натурных объектах требовали организации экспериментальных исследований на моделях, т. е. проведении физического моделирования явлений. Это, в свою очередь, вызывает необходимость развить теорию подобия для существенно нелинейных процессов и выявить возможности осуществления полного или неполного физического моделирования. Необходимо было смоделировать не только поведение самой конструкции, но и потока, обтекающего колеблющегося с большими амплитудами тела и его кильватерный вихревой след, взаимодействующий с этим колеблющимся телом. Один из учеников Н. Е. Жуковского по московскому университету - профессор В. В. Голубев (МГУ) в своих исследованиях по аэродинамике колеблющегося с конечной амплитудой крыла в плоском несжимаемом потоке предложил оригинальную модель вихревого кильватерного следа в виде «обращенной» вихревой дорожки дискретных вихрей, аналогичной дорожке сопротивления Кармана, но с противоположным направлением вращения вихрей. Продолжая исследования своего учителя профессора В. В. Голубева, Р.И. Виноградов (РКВИАВУ) на основе расчетов и модельных экспериментов показал, что условие устойчивости для обращенной дорожки Голубева является существенной функцией числа Струхала и не совпадает с условиями Кармана. Однако переход от модели к натуре требовал удовлетворения определяющих критериев физического моделирования, вывод и описание которых были сделаны в работе [2.5]. Другой рижский ученый - профессор Б. А. Уваров также занимался разработкой проблемы многомасштабного моделирования: при выборе оптимальных форм лопаток турбин турбореактивных двигателей. В своем исследовании [2.6], разрабатывая метод моделирования тепловых процессов на лопатках турбин, он показал, что можно расширить области моделирования и получить оптимальные формы лопаток турбин без необходимости выполнения полного геометрического подобия образца и натуры. Особенно ценным оказалось использование двух масштабного моделирования при решении задач модельного исследования тонкостенных оболочек большего удлинения, типа фюзеляжа больших транспортных самолетов. В работах Р. И. Виноградова и О. Н. Ленько для этого случая было предложено двух масштабное моделирование тонкостенных оболочек и выведены формулы, учитывающие существование двух разных масштабов для толщины стенки оболочки и для ее остальных геометрических размеров [2.7, 2.8]. Завершающей этот цикл работ по физическому моделированию и разработке групп определяющих критериев подобия для авиационных конструкций, работающих в потоке, явилась

работа [2.21], рассматривающая условия подобия в случае нагрева в упругопластической зоне деформации, что может иметь место для конструкции сверхзвукового летательного аппарата в условиях аэродинамического нагрева. В статье исследованы критерии подобия пластической деформации при динамической нагрузке и стационарного нагрева и критерии подобия упругой, что позволяло проводить модельные физические исследования в зоне больших сверхзвуковых скоростей, отягощенных существенным нагревом авиационных конструкций. Интересные выводы были получены при использовании много масштабного моделирования при поиске новых форм летательных аппаратов. В работе [2.9] Р. И. Виноградов предложил новый приближенный метод моделирования: *метод вариации констант подобия*, позволяющий результаты модельных испытаний одной модели распространить на многие натуры, параметры которых выявляются через формулы определяющих критериев подобия. Этот подход также требовал применения двух масштабного или многомасштабного моделирования. Наряду с рассмотрением задач колебаний профиля крыла в плоском потоке с большими амплитудами, необходимо было рассмотреть также решение задачи и для трехмерного потока, что требовало построения иной физической модели вихревого следа колеблющийся модели. Удалось разработать конструкцию самомашущего крыла и получить авторские свидетельства [2.10, 2.11]. Для изучения воздействия аэродинамических сил в полете в РКВИАВУ, а затем в РКИИГА и РО ГосНИИГА были созданы дозвуковые аэродинамические трубы, где использовалась разработанная ЦАГИ методика динамического моделирования взаимодействия потока и модели. Сложнее было решать задачу по изучению воздействия потока и конструкции при сверхзвуковых скоростях. Традиционные решения задачи в сверхзвуковых аэродинамических трубах также нашли свое использование в РКВИАВУ и в РО ГосНИИГА, где были разработаны оригинальные звуковые трубы. Однако наряду с этим для построения физической картины взаимодействия сверхзвукового потока и тела, особенно при нестационарных процессах, следовало воспользоваться наглядным и значительно более дешевым методом газогидравлической аналогии, разработанной Н. Е. Жуковским. В 70-80-е годы метод ГГА нашел развитие в трудах рижских, ташкентских и ленинградских ученых, которые совместно использовали его для решения ряда задач сверхзвуковой аэrodинамики и аэроупругости. В Риге эти исследования вел Р. И. Виноградов [2.15, 2.16]. Им была обоснована необходимость использования при аналоговом моделировании также и физического при изучении нестационарного сверхзвукового обтекания несущих поверхностей или других тел, колеблющихся в потоке. В [2.15] им была показана необходимость введения нового типа моделирования - *аналого-физического*, которое требовало, как тождества критериев- аналогов математического моделирования, так и постоянства определяющих критериев

физического моделирования. Используя условия аналого-физического моделирования, Р. И. Виноградов и И.Р. Якубов провели изучение картин обтекания в сверхзвуковом потоке колеблющихся профилей крыльев, что позволило выявить новое явление: явление деформации скачков уплотнения при обтекании сверхзвуковым потоком колеблющихся тел [2.16]. В официальном заключении по этому новому явлению специалистов Московского авиационного института (МАИ) отмечалось, что авторы «не только установили сам факт возможной деформации системы скачков, но и показали качественно возможную новую структуру этой системы, возникающую при колебаниях. Все это, несомненно, могло представить большой интерес для теории и практики и, в частности, при исследованиях вопросов, связанных со звуковым флаттером крыла. Среди опубликованных работ на тот период не было сведений о существовании указанного явления деформации скачков. В настоящее время в авиастроении находят все большее применение композиционные материалы различных типов. Наличие в Риге Института механики полимеров АН Латвии и тесные связи этого института с другими научными центрами страны позволило организовать работы по новым авиационным композитным материалам и в Рижском ВВАИУ. В одной из первых работ в этом направлении была предложена методика изучения на моделях напряженного состояния авиационных конструкций из стеклопластика с учетом его реологических свойств [2.22]. автором предложен критерий подобия по вязкости, позволяющий распространить известные приемы моделирования на конструкции из упруго-вязко-пластических материалов. Критерий позволил провести исследования конструкции напряжений в моделях пластин стеклопластиков, выполненных из оптически активного материала и армированных стеклотканью [2.23, 2.24]. Рассматривалась динамическая задача для среды с медленно меняющимися параметрами с целью оценок влияния времени на диссипативный эффект механического демпфирования среды. При этом использовался метод нелинейного физического моделирования для оценки изменения свойств авиационных конструкций из материалов с медленно меняющимися пара-, метрами [2.25]. Это сделало возможным использовать физическое моделирование для метода неразрушающего контроля конструкций из композитных материалов. Одной из разновидностей физического моделирования, нашедшего использование в практике рижских авиационных ученых, бы и поляризационно-оптический метод, основанный на пьезооптическом эффекте. Изучение напряженного состояния конструкции в этом случае происходит вследствие возникновения в моделях конструкций, выполненных из оптически чувствительных материалов, оптической разности хода поляризованных лучей света, величина которой зависит от напряженно-деформированного состояния модели. С. Т. Кардаш (РВВАИУ) в 60-х годах применил поляризационно-оптический метод для исследования новых задач термоупругости, в

частности, для исследования теплонапряженных деталей авиационных двигателей, включая диски турбин. Им был предложен способ проведения «замораживания» с последующей оценкой температурных напряжений [2.27 -- 2.33]. Другой способ, разработанный С. Т. Кардашем совместно с Е. В. Чемохудом, заключался в создании температурного поля в модели из незатвердевшего материала и проведения дальнейшей полимеризации материала при сохранении этого поля [2.34]. В 1981 г. был предложен способ определения температурных напряжений в много связных тела в плоской постановке задачи термоупругости, который защищен авторскими свидетельствами [2.35, 2.36, 2.37]. Опыт, накопленный по физическому моделированию сложных физико-технических процессов, позволил в последние годы приступить к решению задачи моделирования ударного нагружения элементов конструкции, выполненных из композитов [2.39, 2.40, .41]. *Один из ведущих латвийских ученых в области авиационной науки и техники Р.И. Виноградов.*



Ростислав Виноградов

профессор, доктор технических наук, Заслуженный деятель науки и техники, Заслуженный изобретатель ЛССР

<http://www.russkije.lv>

(1923 – 1996)

Ростислав Иванович Виноградов родился 6 октября 1923 года в гор. Москве, в России. Окончил в Москве Военно-воздушную академию им. Н.Жуковского в 1948 году и был направлен на работу в Ригу преподавателем в Рижском высшем военно-авиационном инженерном училище, которое было создано в Риге сразу после войны в 1946 -1947 годах. В этом училище работала плеяда авиационных ученых и преподавателей, многие из которых окончили Московскую Военно-воздушную академию им. Н.Жуковского, как и Р.И.Виноградов. Военное училище в 1960 году было расформировано, и на его базе был создан гражданский вуз - Рижский институт инженеров гражданского воздушного флота (РИИГА), в котором Р.Виноградов продолжал работать профессором и заведующим кафедрой до 1967 года. Защитил в Московском Авиационном институте в 1967 году диссертацию, получив степень доктора технических наук. В 1967 г. в Риге начинает действовать второй авиационный вуз – Рижское высшее военное авиационное инженерное училище имени Я. Алксниса, куда в этот же год переводят на работу Р.И.Виноградова. Здесь он работает профессором, заведующим кафедрой и заместителем ректора до 1985 года, после чего опять начинает преподавательскую работу в РИИГА. В 1992 году РКИИГА переходит под юрисдикцию Латвийской Республики и меняет название на "Рижский авиационный университет" (РАУ), где Р.И.Виноградов до конца своей жизни читал студентам курсы «конструкция и прочность летательных аппаратов», «безопасность полетов», «системы управления летательных аппаратов». По мнению бывших коллег Ростислава Ивановича он был одним из тех, кто создавал в Латвии систему подготовки инженерных авиационных кадров. В начале 90-х годов Р.И.Виноградов параллельно работе в вузе начал заниматься вопросами энергетики, а именно проблемой использования ветра как возобновляемого источника энергии. По его инициативе в 1992 году в рамках предприятия *SIA Baltaruta* был создан Институт ветроэнергетики, основной задачей которого было как создание ветрогенераторов и усовершенствование ветроустановок, так и практическое их использование в условиях Латвии. Круг научных интересов Р.Виноградова – конструкция и прочность летательных аппаратов; теория колебаний несущих поверхностей; методы диагностики; история науки и техники; ветроэнергетика. Он – создатель нового направления в механике – теории колебаний упругих конструкций летательных аппаратов. В 1965 году Р.Виноградову присуждается звание Заслуженного изобретателя Латвийской ССР. Он является автором большого числа изобретений (большая часть его

изобретений была засекречена), а после восстановления независимости Латвии им было получено 12 патентов Латвийской Республики. Р.Виноградов - Заслуженный работник науки и техники Латв.ССР (1970); академик Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (1996); награжден Российской Федерацией космонавтики Медалью Юрия Гагарина за непосредственный вклад в освоение космического пространства (1981). Р.И.Виноградов – автор около 300 научных публикаций, в том числе 13 монографий и учебных пособий. Одна из них написана совместно с проф. В.Шестаковым: «История развития авиационной науки в Латвии» Рига: РКИИГА, 1989, 157 с. как учебное пособие для студентов РКИИГА и не выходила за его стены. Основные монографии: Виноградов Р. И., Минаев А. В. Краткий очерк развития самолетов в СССР. Москва: Воениздат, 1956, 256 с.; Богданов А. П., Виноградов Р. И. Сверхзвуковые крылатые летательные аппараты. Москва: Воениздат, 1961, 319 с.; Виноградов Р. И., Минаев А. В. Самолеты СССР. Краткий очерк развития. Москва: Воениздат, 1961, 299 с.; Виноградов, А. Н. Пономарев. Развитие самолетов мира. Москва: Машиностроение. 1991, 384 с. Р.И.Виноградов скончался в Риге 6 июня 1996 года

Библиографический список к главе 2.

- 2.1. Р. И. Виноградов. Физические основы теории самоколебаний крыла в плоском потоке. //НТС, вып. 13. Рига: РКВИАВУ, 1953.
- 2.2. Р. И. Виноградов Кругильные самоколебания крыла в потоке. //Труды ВВИА им. Н. Е. Жуковского. М., 1953. Вып. 446.
- 2.3. Р. И. Виноградов Зависимость параметров вихревой обращенной дорожки от числа Струхала. //Изв. ВУЗ. Авиационная техника. Казань, 1954. № 4. С. 14-25.
- 2.4. Виноградов Р. И. О допущении и использовании едомовозбуждающихся колебаний конструкции. //Труды РВКАИУ, Рига, 1962. Вып. 18.
- 2.5. Р. И. Виноградов О подобии при колебании тел в потоке. //Изв. ВУЗ. Авиационная техника. Казань, 1962. № 4. С. 3-11.
- 2.6. У в а р о в Б. А. Приближенный метод моделирования. //Изв. АН СССР. №29. 1956.
- 2.7. Р. И. Виноградов, Л е н ь к о О. Н. Центробежное моделирование тонкостенных конструкций. //Труды РВКАИУ, Рига, 1961. Вып. 12. С. 3-23.
- 2.8. Виноградов Р. И., Ленько О. Н. О двух масштабном моделировании тонкостенных конструкций. //Строительная механика и расчет сооружений. М., 1963. N 1. С. 7-11.
- 2.9. Р. И. Виноградов. Использование метода вариации констант подобия при перспективном проектировании летательных аппаратов. //Изв. ВУЗ Авиационная техника. Казань, 1966. № 4.
- 2.10. А. с. N 123889 СССР, 1959. Быстроходный динамический ветродвигатель. Виноградов Р. И.,
- 2.11. А. с. № 170305 СССР, 1965. Автомашущее крыло. Виноградов Р. И.,
- 2.12. Р. И. Виноградов Использование самоколебаний лопастей для улучшения аэродинамических характеристик. //Труды РВКАИУ, Рига, 1962. Вып. 12. с. 36-62.
- 2.13. Р. И. Виноградов Аэродинамические характеристики ветроколеса с колеблющимися лопастями. //Изв. ВУЗ Энергетика. Минск, 1962. N 12. С. 86-94.
- 2.14. Виноградов Р. И. и др. Гоночный катер на подводных крыльях. Судостроение. Л., 1962. N 6.
- 2.15. Виноградов Р. И. Аналоговое моделирование при изучении обтекания крыла в сверхзвуковом потоке и его определяющие критерии-аналоги. //Изв. ВУЗ Авиационная техника. Казань, 1978. №4.
- 2.16. Виноградов Р. И., Жуковский М. И., Якубов И. Р. Газогидравлическая аналогия и ее практическое применение. М.: Машиностроение, 1978. 152 с.
- 2.17. Виноградов Р. И., Якубов И. Р. Особенности структуры обтекания колеблющегося профиля при сверхзвуковых скоростях. //Уч. зап. /ЦАГИ. 1975. Т. 6. Ч 2. с. 123-128.
- 2.19. Виноградов Р. И., Варнавский А. Н., Якубов И. Р. О форме скачков уплотнения при изгибио-кругильных колебаниях профиля. //Из. АН УзССР. Ташкент, 1977.
- 2.20. Р. И. Виноградов, Якубов И. Р. и др. Аналого-физическое моделирование сверхзвукового обтекания колеблющегося профиля вблизи экрана. //Изв. АН УзССР. Ташкент, 1978.
- 2.21. Виноградов Р. И., Моделирование тонкостенных конструкций, работающих в упруго - пластической зоне деформаций при нагреве. //Изв. ВУЗ Авиационная техника. Казань, 1965. N 3. с. 52-58.
- 2.22. Виноградов Р. И. Моделирование при исследовании деформации полимерных тел с учетом их

- реологических свойств. //Прикладная механика. Киев, 1969. Т. 5. Вып. 1. С. 21-27.
- 2.23. Виноградов Р. И., Граненко Ф. А., Огарков В. П. Экспериментальное исследование концентрации напряжений в моделях стеклопластиков поляризационно-оптическим методом при статическом нагружении. Рига, 1969.
- 2.24. Виноградов Р. И., Граненко Ф. А. Радиационно-оптический метод при исследовании концентраций напряжений стеклопластиковых элементов конструкций летательного аппарата. //НТС, вып. 6. Рига: РВКАИУ, 1969.
- 2.25. Р. И. Виноградов Использование метода нелинейного физического моделирования для оценки изменения свойств конструкций из материалов с медленно меняющимися параметрами. //НТС, вып. 7. Рига: РВКАИУ 1970.
- 2.26. Р. И. Виноградов Использование физического моделирования для неразрушающего контроля конструкций из композитных материалов. //НТС, вып. 9. Рига: РВКАИУ, 1970.
- 2.27. Кардаш С. Т. Применение метода фотоупругости для исследования температурных напряжений в плоских дисках. //Тепловые напряжения в элементах конструкций: Сб. тр. /Наукова думка. Киев, 1965. Вып. 5.
- 2.28. Кардаш С. Т. Исследование температурных напряжений в плоских моделях. //Труды РКИИГА, Рига, 1964. Вып. 51.
- 2.29. Кардаш С. Т., Чемохуд Е. В. О возможности применения тепловых напряжений в пластине. //Труды РКИИГА. Рига, 1965.
- 2.30. Кардаш С. Т., Чемохуд Е. В. Экспериментальные исследования термоупругих напряжений в диске. //Труды РКИИГА. Рига, 1965.
- 2.31. Кардаш С. Т. Об исследовании термоупругих напряжений оптическим методом в цилиндре с центральным отверстием. //Труды РКИИГА. Рига, 1967.
- 2.32. Кардаш С. Т., Лямин Л. К. Применение метода «замораживания» для напряжения в пластине с симметричным полем. //Труды РКИИГА. Рига, 1967.
- 2.33. Кардаш С. Т., Чемохуд Е. В. Некоторые вопросы исследования плоской задачи термоупругости оптическим методом с применением замораживания». //НТС. Рига: РВКАИУ, 1970.
- 2.34. Кардаш С. Т., Чемохуд Е. В. Исследование термоупругих напряжений путем «замораживания» с осуществлением заданного перепада температур. //Исследование термоупругих напряжений: Сб. тр. М.: Наука, 1972.
- 2.35. А. с. № 861937 СССР. Поляризационно-оптический способ определения термоупругих напряжений. Кардаш С. Т., Наумов Г. А., 1981.
- 2.36. Кардаш С. Т., Наумов Г. А. Способ моделирования стационарных термоупругих напряжений с учетом концентрации в охлаждаемых лопатках канального типа газовых турбин при исследованиях поляризационно-оптическим методом. //Научно-техническая конференция. РПИ. Рига, 1979.
- 2.37. Наумов Г. А. Исследование температурных напряжений в круглом цилиндре с регулярно расположенным полостями поляризационно-оптическим методом. //НТС, вып. 20. Рига: РВКАИУ, 1981.
- 2.38. Р. И. Виноградов Прочность композиционных материалов и их применение в конструкциях летательных аппаратов. //Труды межведомственного научно-технического семинара. РВКАИУ. Рига, 1970. Вып. 9. 145 с.
- 2.39. Виноградов Р. И. Моделирование процессов ударного нагружения упругих и вязкоупругих стержней. //Проблемы прочности. Киев, 1976. N 3. С. 121-122.
- 2.40. Виноградов Р. И., Гривков В. Н. Обратная задача распространения нестационарных волн для линейно-вязкоупругого композита. //Механика композитных материалов. Рига: Зинатне, 1981. с. 921-924.
- 2.41. Балодис А. А., Виноградов Г. И., Исследование распространения акустических импульсов в конструкционных полимерных материалах. //Методы и средства диагностики несущей способности изделий из композитов: Сб. тр. / АН Латв. ССР Рига: Зинатне, 1983. С. 218-221.

Г л а в а 3. Создание в Риге экспериментальной базы для исследования аэродинамики самолетов и вертолетов и математическое моделирование их полета в сложных условиях

Свой вклад в решение этих задач внесли ученые рижских научных авиационных центров, особенно РКИИГА, Рижское отделение ГосНИИГА, ЦНИИ автоматизированных систем управления ГА. Два основных направления определяли научно-исследовательские работы, выполняемые ими по решению этой важнейшей задачи:

исследование основных аэродинамических прочностных и ресурсных характеристик самолета и вертолета с учетом воздействия на него различных возмущающих факторов (атмосферная турбулентность, порывы ветра, осадки, обледенение, состояние ВПП и др.);

математическое моделирование полета самолетов и вертолетов в сложных и особых условиях и исследование с помощью этих моделей их поведения и пилотирование ими в экстремальных условиях эксплуатации.

3.1. Аэродинамические вопросы повышения безопасности полетов

В 1956 году на кафедре аэродинамики РКВИАВУ завершилось создание сверхзвуковой аэродинамической трубы СТ-1 с размерами сечения рабочей части $0,45 \times 0,45$ м² незамкнутого типа с гибким управляемым сверхзвуковым соплом. Диапазон чисел $M = 1,75 = 2,75$ - энергетическая установка - ГТД. Продолжительность работы - неограничена. Ведущими исполнителями работ по созданию трубы СТ-1 были В. А. Буслов И А. И. Шкуров, с конца 1956 г. в доводке трубы СТ-1 стал принимать участие Ю. Г. Логачев. В конце 1957 г. на инженерном факультете РКВИАВУ была создана научно-исследовательская лаборатория, сотрудники которой проводили научные исследования в аэродинамической трубе СТ-1. В НИЛ проводились работы по модернизации трубы СТ-1, а также по созданию гиперзвуковой аэродинамической трубы с числами M до 11 и размерами рабочей части 1 x 1 м. Разработкой гиперзвуковой трубы руководил В. Б. Вологодский, а эксплуатер создавался под руководством А. Н. Доброхотова и К. В. Чащина. В работах по форсированию и освоению СТ-1, а также разработке тракта гиперзвуковой трубы принимали участие Я. Н. Гаухман и Ю. Г. Логачев. При образовании РКИИГА в 1960 г. на базе НИЛ РКВИАВУ образовались лаборатории ГосНИИГА. Лабораторию аэродинамических исследований от ГосНИИГА курировал М. П. Могилевский, который являлся высоким эрудированным опытным авиационным специалистом, пользующимся большим авторитетом в Аэрофлоте и авиационных научных кругах. Заведующим аэродинамической лабораторией стал В. А. Буслов, научным

руководителем работ являлся Ю. Г. Логачев, работавший на кафедре аэродинамики РКИИГА. В лаборатории подобрался инициативный коллектив энтузиастов: Л. М. Соломенский, П. И. Пятков, В. К. Орешин, Р. Р. Казак, А. К. Иванико, Л. П. Коженкова, В. А. Чистяков и др. Принимали участие в их работе и сотрудники кафедры аэродинамики РКИИГА. Большое содействие и непосредственную помощь этому новому научному центру оказывал проректор по научной работе и заведующий кафедрой аэродинамики РКИИГА профессор, д.т.н., Заслуженный деятель науки и техники ЛССР В. Е. Кастрорский <http://www.russkije.lv>. и преподаватели кафедры Ю.Г. Логачев и Л.Г. Тотиашвили.



В 1976 г. труба СТ-1 была модифицирована. Вместо трех двигателей ВК-1, был установлен один ГТД, работающий на просос. Труба стала значительно экономичнее, а характеристики фактически не изменились. В 1986 году с целью расширения диапазона работы трубы была оборудована жесткими съемными вкладками, позволяющими работать на дозвуковых режимах ($M = 0,4+0,7$). Рабочая часть перфорирована и снабжена управляемыми створками для обеспечения отсоса пограничного слоя и стабилизации режима работы трубы. Сотрудниками лаборатории ГосНИИГА большое внимание уделялось дальнейшему совершенствованию экспериментальной базы. В 1961 г. была заложена вторая сверхзвуковая аэродинамическая труба СТ-2 с рабочей частью $0,6 \times 0,6 \text{ м}^2$ и скоростью потока со числом $M = 4,5$. Эта труба должна была обеспечить исследования по разработке требований ГА к следующему поколению пассажирских самолетов. Размеры рабочей части соответствовали аналогичным промышленным трубам, что позволяло использовать имеющееся оборудование, обмениваться моделями и проверять достоверность результатов. Работа трубы СТ-2 обеспечивалась экегаустером на базе реактивных двигателей РД-3М, помочь в разработке и отладке которого оказывал А. Н. Дорохотов. В конструкции трубы СТ-2 предусматривались сушка и подогрев атмосферного воздуха. Сначала предполагалось использовать регулируемое сопло по аналогии с СТ-1. Однако для улучшения поля потока в рабочей части было принято решение применить жесткие

сменные вставки сопел. В дальнейшем, учитывая необходимость исследований особенностей полета самолетов гражданской авиации на больших дозвуковых скоростях, были внесены дополнительные конструктивные изменения и обеспечена работа трубы на трансзвуковых режимах. Много творческих усилий в деле разработки и строительства сверхзвуковой аэродинамической трубы СТ-2 внесли В. А. Буслов, Ю. Г. Логачев, А. К. Иванико, Л. П. Коженкова, Ф. И. Сапрыкин. Аэродинамическая труба СТ-2 начала функционировать с 1974 года. Тип - незамкнутая, работает на атмосферном воздухе. Диапазон скоростей $M = 0,4=1,0$. Размер рабочей части $0,6 \times 0,6 \text{ м}^2$. Энергоустановка включает два ТРД. Числа $Re = (4=8,9) 106$. Продолжительность работы не ограничена. Для обеспечения аэродинамических исследований на малых скоростях полета разрабатывался проект соответствующей аэродинамической трубы Т-3 замкнутого типа с открытой рабочей частью. Однако строительство этой аэродинамической трубы не было начато, так как к этому времени началось бурное внедрение авиации для работ в сельском хозяйстве. В связи с этим потребовалось провести комплекс исследований, связанных с разработкой аппаратуры для распыливания химикатов с воздуха. Таким образом, требованием времени были вызваны разработка и строительство аэродинамической трубы Т-4. Основным разработчиками специальной аэродинамической трубы Т-4 являлись: В. А. Буслов, Ю. Г. Логачев, Л. М. Соломенский, Р. Р. Казак. По конструкции аэродинамическая труба Т-4 эжекторного типа с закрытой рабочей частью размерами $2,0 \times 1,5 \text{ м}^2$ и с диапазоном скоростей потока $20 =70 \text{ м/с.}$, в качестве силовой установки использовался авиационный двигатель РД-ЗМ. На аэродинамической трубе Т-4 выполнен ряд важных исследований, позволивших усовершенствовать существующие распылители химикатов, а также разработать требования на создание новых. В конце 60-х годов аэродинамическая труба Т-4 была оборудована установкой для имитации капельного облака и выполнен широкий круг исследований по определению интенсивности обледенения несущих поверхностей современных самолетов гражданской авиации, а также по оценке степени влияния этого явления на безопасность полетов. Учитывая, что аэродинамическая труба Т-4 имела рабочую часть сравнительно малых размеров, а также тот факт, что принятая эжекторная схема трубы оказалась крайне неэкономичной, была произведена ее реконструкция, которая завершилась в 1984 году. Новый вариант трубы Т-5 имеет рабочие части восьмиугольной формы с площадями сечения 16 м^2 и 8 м^2 . Энергетический узел х ТВД мощностью 12000 л. с. Скорости потока в них соответственно до 50 м/с и до 100 м/с . Стенки рабочих частей щелевые, относительная площадь щелей - 7%, щели продольные. Схема, выбор энергоузла и его расположение на входе в аэродинамическую трубу позволяют вносить в воздушный поток распыленные жидкости и сыпучие

вещества, что дает возможность вести аэродинамические исследования в двухфазной среде. Большой вклад в реконструкцию аэродинамической трубы Т-4 внесли Л. Г. Коженкова, В. А. Сидоренка. Таким образом, к настоящему времени экспериментальная база Рижского отделения ГосНИИГА представлена тремя аэродинамическими трубами, позволяющими решать задачи повышения безопасности и экономичности полетов практически на всех режимах полета современных и перспективных самолетов гражданской авиации. Заканчивая обзор экспериментальной базы рижских аэродинамических центров; следует упомянуть трубу малых скоростей Э Т-4 РКИИГА. Труба Т-4 замкнутого типа с эллиптической рабочей частью $0,7 \times 1,2 \text{ м}^2$ и скоростью потока до 40 м/с позволила провести целый ряд научных исследований, разработать и апробировать методы исследования, которые потом были использованы при оборудовании больших труб. Для автоматизации сбора и обработки экспериментальных данных разработана специальная автоматизированная система, которая позволяет получать результаты испытаний в темпе эксперимента. Указанная система предназначена для получения стационарных и нестационарных аэродинамических характеристик и ее описание будет дано ниже. Большой вклад в разработку автоматизированной системы измерений внесли Ф. И. Васюхно, В. И. Долиенко, Я. П. Габрановс. Исследования стационарных аэродинамических характеристик позволили получить целый ряд интересных данных. Были проведены исследования полезной интерференции частей самолета (И. В. Стадник, В. Н. Ягненков), характеристик жесткого и упругого сверхзвукового самолета (Э. И. Сорокин, Л. Г. Тотиашвили, В. Я. Беляев, М. В. Ушаков), влияние деформации срединной поверхности крыла на аэродинамическое качество СТС (В. А. Чистяков). Эти работы имели важное значение в определении технико-экономических характеристик СТС, позволили разработать ряд аэродинамических компоновок, которые были признаны изобретениями. Большой объем работ проведен по оценке динамики изменения качества поверхности самолета в эксплуатации, в аэродинамических трубах проведены исследования влияния состояния поверхности (шероховатость, загрязнение, микротрешины окрашенных поверхностей) на сопротивление трения самолета. На базе проведенных исследований разработан метод контроля состояния поверхности самолетов и отраслевой стандарт, регламентирующий допустимые значения микронеровностей, для ремонтных и эксплуатационных подразделений. Проведено обоснование периодичности мойки самолетов и разработаны другие рекомендации ремонтным и эксплуатационным подразделениям по данному вопросу. Расчетный экономический эффект от внедрения разработанных мероприятий составляет 3 млн. рублей в год. Большой объем исследований в трубе Т-4 был проведен по определению влияния льда на

характеристики устойчивости и управляемости (А. К. Иванико, И. Ф. Кадышевич), а также проведена оценка эффективности работы разрядников статического электричества и электризации самолета, покрашенных различными красками (Р. Р. Казак, Ю. И. Данилов). Для изучения возмущенного движения самолета необходимо получение как его стационарных, так и нестационарных аэродинамических характеристик. Наиболее ранний период исследования нестационарных аэродинамических характеристик в Риге относится к середине пятидесятых годов, когда старшим преподавателем кафедры конструкции и прочности РКВИАВУ Р. И. Виноградовы была проведена серия исследований нестационарных аэродинамических характеристик в широком диапазоне частот законов колебаний профилей крыла. Пионером создания установки вынужденных колебаний и проведения первых экспериментов в аэродинамической трубе для оценки аэродинамических производных был в РКИИГА П. И. Пятков. Позднее, в 1962-1963 гг., под руководством доцента кафедры аэродинамики и динамики полета РКИИГА Л. Г. Тотиашвили была создана группа для работ по широкому экспериментальному исследованию нестационарных аэродинамических характеристик. В группу вошли доцент, к.т.н. А. П. Катецкая, Н. Н. Тюнин, М. И. Пальчик, М. В. Ушаков и другие. Содружество аэродинамиков и специалистов по измерительной аппаратуре (А. П. Катецкая, М. И. Пальчик) дало положительные результаты. Были созданы анализатор гармоник и новая установка вынужденных колебаний (УВК-2), а также разработана методика проведения эксперимента. Первые исследования на моделях крыльев самолетов проводились в сверхзвуковой аэродинамической трубе СТ-1 ГосНИИГА УВК-2 имела одну степень свободы. С вводом в эксплуатацию трубы СТ-2, а также накопления опыта работы на трубе Т-4, начиная с 1975 г. сотрудниками РО ГосНИИГА были разработаны установки вынужденных колебаний для трубы СТ-2 (И. И. Пирс) и трубы Т-4 (Н. Н. Тюнин). В качестве регистрирующей аппаратуры при проведении весовых измерений используется автоматизированная система измерений (АСИ-1) на базе специализированного управляющего вычислительного устройства ВСМ-5. Данная система разработана и изготовлена в РО ГосНИИГА на типовых, серийно выпускаемых промышленностью изделиях. АСИ-1 позволяет программным путем осуществлять подключение любого измерительного канала, измерение электрического сигнала, преобразование аналогового электрического сигнала в дискретный, ввод экспериментальной информации в оперативную память (ОП) ЭКВМ, обработку информации в соответствии с алгоритмом и выдачу результата на пишущую машинку (ЭПМ). В РО ГосНИИГА под руководством Н. Н. Тюнина были проведены исследования нестационарных аэродинамических характеристик широкого класса изолированных крыльев и моделей практических всех эксплуатируемых самолетов в широком диапазоне углов атаки, в том числе и

на закритических углах. Результаты работ Н. Н. Тюнина, связанные с разработкой методов и исследованием нестационарных аэродинамических характеристик, исследованием трения в пограничном слое, были опубликованы в ряде изданий в соавторстве с другими исследователями [5.24, 5.37-5.39, 5.41-5.55]. В начале 70-х годов возник вопрос об изыскании способов определения из трубного эксперимента аэродинамического эффекта воздействия на самолет порыва ветра. Л. Г. Тотиашвили (РКИИГА) предложил разработать устройство, имитирующее воздействие колеблющегося потока на модель самолета. Такая установка применительно к дозвуковой аэродинамической трубе Т-4 РКИИГА была разработана в 1970 г. С. Г. Старииковым. В это же время Ф. А. Мухамедовым была создана установка вынужденных колебаний с двумя степенями свободы. Это расширило возможности исследования, поскольку позволяло создавать пространственное колебательное движение модели самолета в аэродинамической трубе. Позже разрабатывается установка по определению сопротивления модели самолета в нестационарном потоке и проводятся исследования (1972-1973 гг.) на комплексной установке вынужденных колебаний с двумя степенями свободы и установке по имитации турбулентности продольных и боковых аэродинамических производных на моделях самолетов типа «Конкорд» и Ту-134 (Ф. А. Мухамедов, С. Г. Стариков, Н. Н. Тюнин). Интересная установка по определению взаимного влияния частей самолета в нестационарном потоке была разработана Д. Ф. Титовым (1972 г.). Результаты по определению разделенных значений нестационарных аэродинамических характеристик в широком диапазоне углов атаки для модели типа «Конкорд» и исследования по изучению физики нестационарного обтекания на больших углах атаки были получены и выполнены М. А. Смирновым (РКИИГА). Рижское направление экспериментальных исследований в области нестационарной аэродинамики получило признание среди специалистов страны. Этому способствовали доклады сотрудников РКИИГА и РО ГосНИИГА на Всесоюзных НТК. Работы этих лет опубликованы в трудах ВНТК [3.4, 3.5] в сборниках научных трудов РКИИГА и ГосНИИГА [3.6-3.19]. Результаты исследований выносились и на обсуждение всесоюзных НТС «Аэродинамические вопросы безопасности полетов публиковались в межвузовских сборниках научных трудов и в периодических научных журналах [3.20-3.28]. Была разработана методика экспериментального определения аэродинамических характеристик влияния порывов ветра на самолет и создано соответствующее устройство для аэродинамической трубы Т-4 Р РКИИ ГА. Создана модель самолета Ил-86 с внутри модельным приводом для управления закрылкам и органами управления с целью изучения нестационарных характеристик этих органов управления самолета.

3.2. Математическое моделирование управляемого полета в ожидаемых условиях и особых ситуациях летной эксплуатации самолетов ГА

В РКИИГА работы по созданию математических моделей достаточно полно описывающих динамику полета самолета велись с конца шестидесятых годов. Научное руководство этого направления осуществлял профессор, к.т.н. Л. Г. Тотиашвили. В 1974 году на руководимой им кафедре была разработана автономная цифровая математическая модель взлета самолета Ту-134. Модель, включающая описание действий пилота как звена управления, позволяла проводить цифровые исследования этапа: взлета самолета, начиная от старта и до набора безопасной высоты (400 м) и скорости. С помощью модели были проведены исследования по определению характеристик поведения самолета на этапах взлета в условиях бокового ветра различной интенсивности. В дальнейшем были разработаны математические модели типа; «самолет-пилот-среда» для этапов взлета, посадки и крейсерского полета пассажирских самолетов Ил-18, Ту-154, Ан-28, Ил-86, Як-42. Модели совершенствовались и развивались в направлении их унификации, расширения задач, исследуемых с их помощью. В создании и развитии математических моделей динамики управляемого полета самолетов ГА активное участие принимали преподаватели, ассистенты и инженеры кафедры аэродинамики и динамики полета РКИИГА. Работы кафедры по математическому моделированию послужили основой в развитии этого направления в институтах гражданской авиации: ГосНИИГА, ОЛАГА, МИИГА, КИИГА. Они нашли применение и в других научных и учебных организациях.

3.3. Работы РО ГосНИИГА по другим вопросам безопасности полетов

Одновременно с решением задач нестационарной аэrodинамики в указанных двух направлениях большое внимание в РО ГосНИИГА уделялось повышению безопасности полетов путем проведения исследований в аэродинамических трубах при моделировании воздействия эксплуатационных факторов, таких, в частности, как обледенение. Для обеспечения работ указанного направления аэродинамическая труба Т-4 РО ГосНИИГА была оборудована установкой, с помощью которой в рабочей части создается искусственное облако капель с широким диапазоном спектров распыла. Проведено определение зон и форм льдообразований и их влияние на аэродинамические характеристики практически всех типов самолетов Гражданской авиации СССР. Результаты работ, связанные с разработкой методики исследования в условиях искусственного обледенения самолетов и оценкой влияния обледенения на летно-технические характеристики, проводились под руководством А. К. Иванико и были опубликованы в ряде изданий [3.59-3.62]. Тематика работ, связанная с

исследованиями в условиях искусственного обледенения, получила свое дальнейшее развитие. Успешно проведены испытания в аэродинамической трубе ДТРД А И-25 различных модификаций, что позволило разработать ряд мероприятий по повышению безопасности полетов самолетов Як-40 в условиях обледенения. Совместно с разработчиками проведены испытания различных типов сигнализаторов обледенения. На основании полученных результатов определен наиболее эффективный тип сигнализатора, который рекомендован для установки на самолетах Ил-86, Як-42. Ведущими исполнителями работ указанного направления были Л. К. Иванико, И. Ф. Кадышевич, В. И. Юдин. Наличие установки для создания в рабочей части трубы Т-4 аэрозольного потока позволило решить ряд вопросов, связанных с электризацией самолетов. Так была проведена сравнительная оценка эффективности разрядников статического электричества и сравнительная оценка электризуемости поверхности самолета, покрытых различными лакокрасочными покрытиями, что позволило разработать научно обоснованные требования на новые Л КП. В РО ГосНИИГА разработаны устройства для моделирования работы двигателей в условиях трубного эксперимента, в том числе в режиме реверса тяги двигателей. На базе проведенных исследований, аэродинамических характеристик, полученных в процессе разработки и летных испытаний самолетов, разработаны «Атласы аэродинамических характеристик» по типам самолетов, которые являются своего рода банком исходных данных, необходимых для дальнейшей разработки математических моделей, ввода в пилотажные стенды, а также при подготовке летно-технического става. С момента создания Рижского отделения ГосНИИГА (1960 г начали развиваться экспериментальные исследования в области прочности самолетов и вертолетов. Создавалась экспериментальная база для обеспечения натурных прочностных испытаний авиационных конструкций: планера, его элементов, шасси, механизации, систем управления полетом и силового привода. В этот период работами руководил М. Л. Бураков. В начале 60-х годов были проведены испытания многих несущих силовых конструкций и их элементов для серийных самолетов и вертолетов, в том числе трех планеров самолета Ли-2, двух планеров самолета Ил-14, двух планеров самолета Як-18, гермокабины самолета Ту-104, элементов механизации самолета Ту-124 ,Ту-114, Ил-18; шасси самолетов Ту-124, планера вертолет Ми-4, элементов механизации вертолетов Ми-1, Ми-2, Ми-8. Основу экспериментальной техники, входящей в состав испытательных стендов тех лет, составляли электрогидравлические и механические системы нагружения. Со второй половины 70-х годов под руководством А. Б. Милова начались работы по значительной модернизации экспериментальной базы. В практику натурных испытаний были внедрены современные системы нагружения на базе следящего электро - гидравлического привода и системы

сбора и обработки информации о ходе испытаний с управлением от ЭВМ. Существенным моментом в этом процессе явился переход от преимущественно рычажных систем нагружения к многоканальным. Совокупность этих технических средств позволила существенно приблизить экспериментальное нагружение к реальному эксплуатационному и решить многие вопросы унификации испытательного оборудования [3.63-3.68]. Специальным направлением в прочностных исследованиях - начала 80-х годов стали ресурсные испытания наземных среда механизации для обслуживания авиатехники и авиапассажиров. Характеризуя работы прочностного направления в Рижском отделении ГосНИИГА в этот период, следует также отметить проводимые под руководством А. Б. Милова исследования динамических свойств авиационных конструкций при наличии повреждений. Полученные сотрудниками отделения теоретические и экспериментальные результаты позволили обосновать целый ряд способов и устройств для вибрационной диагностики авиационной техники.

Библиографический список к главе 3.

- 3.1. Белоцерковский С. М. и др. Введение в аэроупругость. М.: Наука, 1980. 384 с.
- 3.2. Виноградов Р. И., Пятков П. И. Приемники переменного давления. //ВИНТИ АН СССР, вып. 2. М., 1957.
- 3.3. А. С. 257815 СССР, 1969. Тензометрический датчик малых переменный давлений. Виноградов Р. И., Пятков П. И.
- 3.4. Всесоюзная научно-техническая конференция по прикладной аэродинамике. /Тезисы докладов. /КИИГА. Киев: 1966.
- 3.5. II ВНТК по прикладной аэродинамике. //Тезисы докладов. /КИИГА. Киев: 1969.
- 3.6. Труды РКИИГА, Рига, 1967. Вып. 105.
- 3.7. Труды РКИИГА, Рига, 1969. Вып. 151.
- 3.8. Труды РКИИГА. Рига, 1969. Вып. 154.
- 3.9. Труды РКИИГА. Рига, 1970. Вып. 182.
- 3.10. Аэродинамика, электрогидравлика. Динамика полета: Межвуз. сб. науч. тр. /КИИГА. Киев: 1973.
- 3.11. III ВНТК по прикладной аэродинамике. //Тезисы докладов. /КИИГА. Киев: 1973.
- 3.12. Труды ГосНИИГА. М., 1975. Вып. 103.
- 3.13. Некоторые вопросы безопасности полетов. //Тезисы докладов. ВНТК. Рига, 1975.
- 3.14. Аэродинамика: Межвуз. сб. науч. тр. /КИИГА. Киев, 1979. Вып. 6.
- 3.15. Безопасность полетов в условиях опасных внешних воздействий. //Тезисы докладов ВНТК. /КИИГА. Киев: 1981.
- 3.16. Некоторые вопросы аэродинамики дозвуковых и сверхзвуковых скоростей: Межвуз. сб. науч. тр. /КИИГА. Киев, 1983.
- 3.17. Цифровое моделирование движения воздушных судов ГА в сложных условиях: Межвуз. сб. науч. тр. РКИИГА. Рига, 1983.
- 3.18. Некоторые вопросы аэродинамики: Межвуз. сб. науч. тр. /КИИГА. Киев, 1984.
- 3.19. Прикладная аэродинамика: Межвуз. сб. науч. тр. /КИИГА. Киев, 1976. Вып. 2.
- 3.20. Аэродинамика: Межвуз. сб. науч. тр. /КИИГА. Киев, 1979. Вып. 5.
- 3.21. Прикладная аэродинамика: Межвуз. сб. науч. тр. /КИИГА. Киев, 1980.
- 3.22. Некоторые вопросы аэродинамики и динамики полета: Межвуз. сб. науч. тр. /КИИГА. Киев, 1981.
- 3.23. Вопросы совершенствования методов технического обслуживания и безопасности полетов:

- Межвуз. сб. науч. тр. РКИИГА. Рига, 1982.
- 3.24. Цифровое моделирование движения воздушных судов ГА в сложных условиях: Межвуз. сб. науч. тр. РКИИГА. Рига, 1983.
- 3.25. Динамика полета. Под ред. А. М. Мхитаряна, 2-е изд.; М.: Машиностроение, 1978.
- 3.26. Тюнин Н. Н. Сверхзвуковой Г1-образный вихрь при неустановившемся движении. //Труды РКИИГА. Рига, 1969. Вып. 131.
- 3.27. Тюнин Н. Н. Расчет эффективных значений производных скосов потока при неустановившемся движении. //Труды РКИИГА. Рига, 1969. Вып. 1
- 3.28. Киреев Н. Т., Пальчих М. И., Тюнин Н. Н. Измерительная аппарата для определения КВП методом вынужденных колебаний и некоторы' вопросы обработки экспериментальных данных. //Труды РКИИГА. Рига, 1969. Вып. 1
- 3.29. Стариakov С. Г., Тотиашвили Г. Л., Тюнин Н. Н. Имитация п рывов ветра различного профиля в трубных условиях. //Труды РКИИГА Рига, 1971. Вып. 197.
- 3.30. Тюнин Н. Н., Ушаков М. В. Исследование демпфирующих характу ристик на моделях СПС при сверхзвуковых скоростях. Труды РКИИГА Рига, 1971. Вып. 197.
- 3.31. Катецкая А. П., Лукашенок А. Б., Тюнин Н. Н. Фотоэлектрический двухфазный генератор гармонических составляющих. //Тру РКИИГА. Рига, 1971. Вып. 221.
- 3.32. Кипеев Н. Т., Пальчих М. И., Тюнин Н. Н. Влияние знакопепеменой нагрузки на характеристики тензорезисторов. //Изв. ВУЗ. Электромеханик. 1971
- 3.33. Лукашенок А. Б., Тюнин Н. Н. Исследование амплитудных и фазовых характеристик механизмов кривошипно-шатунного привода. //Труды РКИИГА. Рига, 1972. Вып. 238.
- 3.34. Беляев В., Тотиашвили Г. Л., Тюнин Н. Н., Ушаков М. Е Экспериментальное исследование аэродинамических характеристик упругих моделей в сверхзвуковой аэродинамической трубе. //Труды РКИИГА Рига, 1972. Вып. 240.
- 3.35. Лукашенок А. Б., Стариakov С. Г., Тюнин Н. Н. Электромеханическое устройство умножения функций на гармонические зависимости //Труды РКИИГА. Рига, 1972. Вып. 240.
- 3.36. Тюнин Н. Н., Ушаков М. В. Некоторые результаты исследования аэродинамических характеристик моделей СПС на сверхзвуковых скоростях Труды ГосНИИГА. М., 1974. Вып. 100.
- 3.37. Тотиашвили Л. Г., Стариakov С. Г., Тюнин Н. Н. Экспериментальное определение раздельных значений производных устойчивости. //Труды ГосНИИГА. М., 1979. Вып. 100.
- 3.38. Стариakov С. Г., Тотиашвили Л. Г., Тюнин Н. Н. Дозвуковая установка вынужденных колебаний. //Труды ГосНИИГА. М., 1974. Вып. 105
- 3.39. Стариakov С. Г., Тотиашвили Л. Г., Тюнин Н. Н. Исследование производных устойчивости компоновки СТС в продольном движении. //Труды ГосНИИГА. М., 1977. Вып. 141.
- 3.40. Г а б р а н о в Я. П., Т р о ф и м о в Г. Л., Тюнин Н. Н. Установки вынужденных колебаний для исследования на полу моделях аэродинамических характеристик частей летательных аппаратов. //Труды ГосНИИГА. М., 1977 Вып. 141.
- 3.41. Иванко А. К., Кадышевич И. Ф., Тюнин Н. Н., Юдин В. И. Экспериментальное исследование аэродинамических характеристик горизонтального оперения со льдом и имитаторами на передней кромке. //Сб. Наука и техника ГА. Сер. Летная эксплуатация. М., 1977. Вып. 140
- 3.42. Тотиашвили Л.Г., Тюнин Н. Н. Расчетное и экспериментальное исследование распределенных аэродинамических характеристик крыла малого удлинения при неустановившемся движении. //Уч. зап. /ЦАГИ. 1980.
- 3.43. Вологодский В. Б., Иванов В. Р., Некоторые вопросы методики исследования распределенной нагрузки на колеблющихся крыльях. //Изв. АН СССР, 1981.
- 3.44. Тюнин Н. Н. Влияние качества поверхности на лобовое сопротивление ЛА. //Микрогеометрия и эксплуатационные свойства машин: Сб. науч. тр. /ППИ. Рига, 1981.
- 3.45. В а с ю х н о Ф. И., Т р о ф и м о в Г. Л., Тюнин Н. Н. Экспериментальное исследование

аэродинамических характеристик модели самолета Ту-154 на малых дозвуковых скоростях. //Наука и техника в ГА. Сер. Летная эксплуатация. М., 1979. Вып. 1.

3.46. Тотиашвили Л. Г., Тюнин Н. Н. Исследование при неустановившемся движении аэродинамических характеристик прямоугольного крыла на больших углах атаки. //Труды ЦАГИ. М., 1979.

3.47. Скрипниченко С. Ю., Сергеев В. И., Тюнин Н. Н. Влияние качества поверхности самолета на расход топлива. //Комплексные проблемы экономии авиатоплива: Сб. науч. тр. /ГосНИИГА. М., 1983.

Г л а в а 4. Обеспечение надежности систем бортового оборудования самолетов и совершенствование их эксплуатации.

Для повышения безопасности полетов современная авиационная техника требует и дальнейшего совершенствования бортового авиационного оборудования, повышения его надежности, уменьшения габаритов и массы, повышения эффективности эксплуатации. В направлении совершенствования бортового электрооборудования и электропривода наиболее успешно работали в Риге профессора М.М.Краснощапка, Г.И.Штурман, Н.Н.Левин и А.Д.Серебряков. Под руководством М.М.Краснощапки были созданы бесконтактные преобразователи электроэнергии на основе индукторных генераторов, а затем - авиационные источники электрической энергии двойного питания для первичных систем электроснабжения ВС [4.1]. Дальнейшее развитие работы по созданию бесконтактных электрических машин получили благодаря трудам Г.И.Штурмана и Н.Н.Левина. Совместно с академиком Латвийской АН В.В.Апситом проф. Г.И.Штурман изучил эту весьма важную для авиации проблему бесконтактности электрических машин [4.2] и наметил пути её разрешения. Уже в 1960 году был разработан индукторный асинхронный двигатель [4.3] с большими техническими возможностями, затем моментный индукторный двигатель [4.4], многополосный бесконтактный сельсин [4.5] и впервые - шаговый индукторный двигатель [4.6]. Последний был запатентован в Англии, Франции, Италии, США, Германии и Японии. В 60-е годы Н.Н.Левин сформулировал принцип инвариантности электрических машин [4.7] и разработал метод исследования многофазных разноименнополосных индукторных машин [4.8], что дало возможность получать новые схемы генераторов, двигателей и информационных электрических машин, отличающихся отсутствием скользящих электрических контактов и подвижных в пространстве обмоток, в частности, легких авиационных электродвигателей непрерывного и дискретного действия, в том числе с управлением от ЭВМ. Многие из них признаны изобретениями и запатентованы. При выполнении электрической многополосной машины без скользящих контактов и обмоток на роторе, открываются большие возможности создания интересных и полезных для авиационных систем устройств, обеспечивающих повышенную надежность, малые габариты и массу, высокую точность функционирования в сложных условиях эксплуатации авиационной техники. Было создано и использовано на ВС и в космической технике несколько различных модификаций многополосных, асинхронных двигателей, например [4.9,4.10]), отличавшихся большим удельным моментом, технологичностью изготовления и высокой надежностью, а также разработаны принципиально новые конструкции шаговых двигателей с вращательным и линейным перемещением, [4.6,4.13], что позволило успешно решить ряд проблем, связанных с автоматизацией объектов авиационной техники.

Хорошие результаты были достигнуты также в разработках бесконтактных приводов. Так, А.М.Санталовым и А.Д. Серебряковым были разработаны теоретические положения создания бесконтактного привода постоянного тока [4.14], имеющего для авиации особое значение, поскольку такой привод имеет наилучшие технические характеристики коллекторного привода, и в тоже время недостатки, связанные с использованием коллектора и щеток, оказываются практически исключенными [4.15]. При этом были получены оптимальные параметры геометрии зубцовой зоны индукторных машин, обеспечивающие высокие их технические показатели [4.16]. Дальнейшее развитие индукторные электрические машины получили в работах А.Д.Серебрякова. Им был сформирован ряд принципов улучшения характеристик этих машин и разработана концепция замены разнотипных и малонадежных конструкций электрических машин, применяемых в авиационном оборудовании, на простые и надежные индукторные электрические машины [4.17]. На базе разработанного метода синтеза индукторных машин [4.18] были созданы новые, оригинальные и перспективные конструкции различных электродвигателей и генераторов [4.19...4.22]. Вопросы улучшения характеристик индукторных машин были обобщены в монографии [4. .23]. Дальнейшая работа Н.Н.Левина и его школы обеспечила получение целого ряда конструкций бесконтактных электрических машин с улучшенными характеристиками не только для работы в их традиционном- генераторном режиме, но и в качестве асинхронных, синхронных и т.п. вращательных и линейных двигателей, а также в качестве сельсинов, редукторов, вращающихся трансформаторов например, [4.24...4.26) и даже в качестве датчиков выработки подшипников [4 .27.. 4.29]. и многие другие. Индукторная электрическая машина перестала восприниматься как тяжелая, малопригодная для авиации конструкция. Она стала простым, надежным и универсальным элементом целого ряда систем бортового авиационного оборудования. Успешно проходили исследования, связанные с разработкой новых и совершенствованием применяемых агрегатов электрооборудования ВС, методики их расчета и технической диагностики под руководством А.Д.Серебрякова, а с 1986- под руководством О.П.Белавина. Эти исследования выполняли И.С.Курбатов, Н.В.Максимов, П.Г.Савин, А.В.Тимошин, В.Н.Караваев, Г.Н.Клейменов, А.М.Санталов, А.В.Булеков, Ю.Н.Дубаков, В.М.Мельник, В.М.Черноштан и др. при постоянном и тесном сотрудничестве с проф. Н.Н.Левиным. К наиболее важным результатам указанных исследований можно отнести следующие: разработку теории и методики расчета МГД-2 и раскопа [4.30....4.31]; создание электромеханического генераторного агрегата с муфтой скольжения [4.32,4.33]; анализ возможностей регулирования напряжения синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов [4 .34; 4 .35];

исследования методов регулирования частоты вращения электроприводов [4.36; 37]; разработку конструкций бесконтактных двигателей с многослойным воздушным зазором и получение их машинной постоянной [4.38;4.39]; анализ состояний электромагнитных и бесконтактных коммутационных аппаратов [4 .40]; разработку метода учета насыщения стали при расчете индукторных машин [4.41]; выполнение анализа возможностей технической диагностики индукторных микромашин по их тепловому состоянию [4.42]; создание комплекса устройств по измерению износа щеток электрических машин и агрегатов [4.43..4.45]; анализ и разработку методов и устройств оценки технического состояния подшипников авиационных агрегатов [4.46;4.47]; разработку методики проектирования электроприводов с индукторными двигателями различного назначения [4.48]; создания перспективных конструкций индукторных генераторов [4.49;4.50], пригодных для применения в системах электроснабжения ВС; разработку показателей для оценки эксплуатационных характеристик синхронных генераторов [4.51]; разработку методов и устройств диагностирования аккумуляторных батарей и электрических катушек различных электротехнических изделий [4.52;4.53], а также трансформаторно-выпрямительных блоков [4.54], имеющих большое применение в системах электроснабжения ВС. Перспективные результаты получены О.П.Белавиным в области диагностирования элементов электрооборудования ВС, в частности, подшипниковых узлов электрических машин и других агрегатов [4.55..4.59], а разработанное им устройство неразрушающего контроля подшипников электрических машин реализовано промышленностью в авиационном стартер-генераторе СТГ-18ТМО. Основное достоинство электромеханических датчиков выработки подшипников - исключение из состава измерительного устройства усилителей сигналов, что значительно упрощает все устройство и повышает его надежность. Плодотворными явились исследования А.В.Булекова в области диагностирования авиационных систем электроснабжения переменного тока по полетной информации [4.60...4.63]. Работа проводилась в рамках создания автоматизированной системы диагностирования - АСД «Анализ-86» для самолета Ил-86-300 и была внедрена в эксплуатационных предприятиях ГА в 1984-87 г.г. В направлении совершенствования бортового приборного оборудования, бортовых систем автоматического управления полетом самолета, навигации и т.п. успешно работала группа исследователей под руководством известного специалиста в области разработки и эксплуатации авиационных измерительных приборов и комплексов проф. Л.М.Машкова. Это были - Г.В.Анисимов, Г.Ю.Волошин, И.В.Кальберг, Ю.Г.Кассин, И.Г.Богданченко, П.И.Трифонов-Богданов, Е.В.Васильев, А.К.Смирнов и др.. Наиболее успешными разработками в указанном направлении являются следующие: исследования в области выполнения

аэрофотосъемки [4.64;4.65] и выполнение проекта аэрофотоаппарата с конической разверткой; анализ точности авиационных измерительных приборов и систем, исследование акустического высотомера и создание макета прибора для измерения малых высот [4.66]; исследование точности самолетовождения по трассам ГА [4.67]; анализ состава и погрешностей авиационных измерительных приборов [4.68]; исследования по вопросам безопасности полетов ВС при автоматическом и полуавтоматическом управлении [4.69; 4.70], а также ионизационных датчиков для измерения высоты полета [4.71]; рассмотрения вопросов структуры автоматических систем управления полетом, пилотажно-навигационных комплексов, точности и устойчивости их работы [4.71....4.74], а также резервных авиаагоризонтов [4 .75] и др. В направлении обеспечения безопасности полетов при автоматическом управлении самолетом успешно работал проф. А.Г.Гамулин, создавший методику количественной оценки эффективности средств обеспечения безопасности полета при отказах систем автоматического управления самолетом, на основе которой разработан алгоритм оптимального синтеза систем обеспечения безопасности при автоматическом управлении самолетом [4.76; 4.77]. Исследования по устойчивости авиационных систем автоматического управления выполнены проф. В.С.Клиновым [4.78]. В области разработки неразрушающих методов и средств контроля лопаток турбин ГТД практически реализуемые результаты дали работы проф. М.Л.Тойбера [4.79],обобщившего личные и в соавторстве с другими исследователями [4.80] результаты работ в этой области в монографии [4.81]. Разнообразная по тематике научно-исследовательская работа выполнена П.И.Трифоновым-Богдановым. Первые его работы посвящены исследованиям в области контроля систем автоматического управления полетом [4.82], более поздние совершенствованию инерциальных навигационных систем [4.83] и разработку инерциальных автопилотов и автоматов заданной линии пути и разворота на заданную боковую величину для воздушных судов народнохозяйственного назначения [4 .84...4.86]. Научные исследования по повышению эффективности технической эксплуатации электро- оборудования ВС, по внедрению перспективных методов технического обслуживания авиационной техники- по техническому состоянию выполнил коллектив сотрудников под руководством М.И.Шипра(1962-1972 г.г.), позднее-М.И.Пальчиха и В.Н.Потапова. Это были: В.А.Ефимов, А.М.Кофман, В.А.Серый, В.П.Николаев, А.А.Смердов, И.И.Курицын, М.В.Ларин, О.Ю.Полетаев, А.С.Кураев, Б.Т.Борисов, Г.С.Утехин и др. Среди работ этого коллектива, как наиболее значимые, можно отметить следующие: разработку аспектов оценки технического состояния потенциометрических датчиков давления [4.87] и электрооборудования ВС [4.88]; создания устройства для измерения радиальной выработки подшипников[4.89]; оценка оптимального включения измерительных катушек датчика выработки

подшипников [4.90]; исследование структуры организации технического обслуживания оборудования ВС [4.91] ; разработка метода определения номенклатуры электроприборного оборудования ВС, заменяемых по техническому состоянию [4.92]; исследования возможностей оценки качества посадки ВС наземными средствами контроля [4.93]; решение вопроса прогнозирования технического состояния авиационного оборудования по статистическим данным [4.94]; разработку методов и средств неразрушающего контроля элементов электроприборного оборудования ВС (например [4.95.. 4.97] и многие другие, по результатам этих работ было получено более 40 изобретений, а также выполнение анализа факторов, влияющих на надежность авиационного оборудования [4.103] и др. Успешные исследования по разработке методов и средств технической диагностики различных агрегатов электрооборудования ВС (главным образом- электрических машин) осуществил В.Н.Потапов- автор и соавтор многочисленных изобретений в этом направлении НИР (например, [4.95.....4.100]) и научных трудов [4.101;4.102].Результатом исследований явилась разработка датчиков диагностических сигналов пульсаций напряжений и тока, измерительных преобразователей и устройств выделения спектральных составляющих сигналов, на основе которых разработан прибор «Тест», внедренный в производство на авиаремонтном заводе № 407 г. Минск. Результаты работ внедрены также на электромашиностроительном заводе г. Киров (Вятка) и в КБ МАП «Дзержинец» г. Москва. В связи с задачами повышения эффективности метеообеспечения полетов воздушных судов в условиях грозовой активности в конце 60-х годов под руководством к.ф.-м.н. С.Н.Городенского сложилось научное направление по проблеме однопунктного местоопределения источников атмосфериков. [4.104]. Работа в области пассивных методов радиолокации грозовых очагов включала в себя исследования, касающиеся вопросов излучения атмосфериков (сигналов от молниевых разрядов), распространения, их приема и анализа в различных диапазонах волн. [4.105]. Д.ф.-м.н. Краснитским Ю.А. были предложены модели ЭМИ (электромагнитного излучения) молниевого разряда, позволяющие учесть детали строения канала обратного удара. Эти модели были положены в основу решения обратных задач по оценке местоположения и характера источника излучения. К.т.н. Александровым А.И. и к.т.н. Граковским А.В. построена солитонная модель тока молниевого разряда [4.106], которая основана на представлении молниевого канала в виде нелинейной длинной линии с потерями. Были разработаны алгоритмы цифровой обработки одиночных атмосфериков, позволяющие оценивать дальность до молниевого разряда и некоторые геометрические и физические характеристики источника [4.107; 4.108]. Работа координировалась Научным советом по проблеме «Статистическая радиофизика», возглавляемым академиком Ю.Б.Кобзаревым. В соответствии с

комплексным планом мероприятий Академии Наук СССР был организован постоянно действующий с 1976 по 1991 г.г. межведомственный семинар «Пассивная локация грозовых очагов». На семинаре обсуждались направления теоретических и экспериментальных исследований, проводимых в научных учреждениях СССР в области пассивной локации гроз, по поиску новых методов и средств обнаружения зон повышенной электрической опасности. В направлении повышения эффективности метрологического обеспечения технического обслуживания и ремонта авиационного оборудования успешно проводил исследования коллектив метрологов под руководством П.Н.Шевелева (до 1960), а позднее-проф. А.Ф.Кугаевского (А.П.Котецкая, С.Б.Феоктистов, Ю.М.Лукин, В.В.Орехов, А.Б.Лукашенок, Н.Н.Лисицин, М.И.Пальчих, Г.С.Утехин и др.). Из наиболее успешных НИР в этой области можно отметить следующие: разработку методов точного измерения частоты вращения и других физических параметров авиационной техники [4.109;4.110], а также перемножение функций с помощью тензомостов [4.111]; создание и исследование гармонических генераторных и множительных устройств аппаратуры гармонического анализа для аэродинамических экспериментов [4.112], сопровождаемое получением большого числа авторских свидетельств, например [4.113; 4.114]; разработка методик расчета цепей постоянного и переменного тока, [4.115;4.116], потенциального магнитного поля [4.117], а также оперативного управления марковскими процессами [4.118], что имеет большое значение для задач массового обслуживания, например, ВС [4.119], а также параметров ферромагнитных материалов при высоких частотах [4 .120], и многие другие. Успешно работали В.И.Крылов, П.А.Шостак, А.С.Егоров, А.И.Александров и многие другие по использованию теоретической электротехники для разработки приборов и устройств, применяемых в ГА. Ряд важных метрологических вопросов разработал Г.С.Утехин. В частности, для повышения безотказности авиационной техники он осуществил оптимизацию требований к метрологическим характеристикам эксплуатационного контроля [4.121], а также выявил особенности измерительного контроля в замкнутой системе массового обслуживания, влияющие на качество измерений [4.122]. Из приведенной краткой характеристики научно-исследовательской работы коллективов кафедр факультета авиационного оборудования (деканы А.В.Тимошин, А.В.Кураев, В.Ф.Головкин, А.Д.Серебряков) за период 1960-1990 г.г., направленной на совершенствование элементов и систем бортового электроприборного оборудования ВС Гражданской авиации и повышения эффективности их эксплуатации видно, что инженеры и ученые ФАО внесли неплохой вклад в развитие авиационной науки в Латвии. Необходимо отметить одну важную особенность отмеченных исследований - их практическую направленность и техническую новизну. О последнем, в частности,

свидетельствует тот факт, что за 30-летний период исследователями разработано более 500 изобретений. Наибольший вклад в это внесли: А.Б.Лукашенок (более 180 авт. свид.), **Н.Н.Левин** (более 100 а.с. и 30 патентов), В.Н.Потапов (41 а.с.), А.Д.Серебряков (30 а.с. и 5 патентов), М.Л.Тойбер (32 а.с.), А.Ф.Кугаевский (24 а.с.), О.П.Белявин (23 а.с. и 2 пат.), А.В.Булеков (14 а.с.) и др.

Один из ведущих ученых в области электрических машин, автономной электроэнергетики и электропривода является Н.Н. Левин.



Николай Левин

Профессор, хабилитированный доктор инженерных наук, Заслуженный деятель науки и техники, Заслуженный изобретатель ЛССР.

<http://www.russkije.lv>

Николай Николаевич Левин родился 25 марта 1927 года в России, в городе Ливны. В 1949 году поступил на электротехнический факультет Рижского высшего военно-авиационного инженерного училища, который закончил с отличием в 1954 году и начал работать там же преподавателем. Поступил в 1957 году в аспирантуру училища, и в 1962 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Работал старшим научным сотрудником, начальником научно-исследовательской лаборатории, а после защиты докторской диссертации в 1971 году - старшим преподавателем, руководителем кафедры электрических машин и электроснабжения. После получения ученого звания профессора в 1987 году был избран профессором по кафедре эксплуатации авиационного и радиоэлектронного оборудования Рижского авиационного университета и одновременно работал заместителем декана по научной работе электротехнического факультета. В университете проработал до 1993 года, далее трудился главным специалистом по созданию и внедрению в Латвии ветроустановок на фирмах "Rinto", "Baltaruta" (позже "Baltmordwent"). Разработанные им технические решения защищены рядом патентов Латвии. С 1998 года Н.Н.Левин является научным консультантом Физико-энергетического института АН Латвии. Много сил и энергии Николай Николаевич Левин отдавал и отдает работе со студентами, молодыми научными работниками, стаж его педагогической работы составляет свыше 50 лет. За это время им прочитано много интересных лекций, написано много учебников и учебных пособий, как на русском, так и латышском языках. Под руководством Н.Н.Левина подготовлено и защищено 29 диссертационных работ на соискание ученых степеней, он также был руководителем работ бакалавров и магистров в Рижском техническом университете (Институты энергетики и железнодорожного транспорта). С 1954 года Н.Н.Левин читал курсы: электрические машины, электроприводы и электромоторы, электрооборудование железнодорожного транспорта и др. Н.Н.Левин - автор более 350 научных публикаций, в том числе 7 монографий и более 20 методических пособий, 132 авторских изобретений СССР и 60 патентов, в том числе 55 латвийских патентов. Области интересов изобретательской деятельности Н.Н.Левина: бесконтактные электрические машины, автономная энергетика, ветроэнергетика, электропривод, робототехника. Многие его разработки внедрены при создании новых образцов авиационной и железнодорожной техники, а также при создании ветрогенераторов и усовершенствовании ветроустановок. За достигнутые результаты в научной и изобретательской деятельности Н.Н.Левин удостоен почетных званий. Он Заслуженный изобретатель Латв.ССР (1965), Заслуженный деятель науки и техники Латв.ССР (1982), Эмеритус ученый Латвийской республики (2007). В конкурсе Латвийской академии наук и Патентного ведомства Латвии на лучшее национальное изобретение 2004/2005 годов патенты «Многополюсный индукционный генератор» и «Асинхронный индукционный генератор», созданные авторским коллективом (В.Пугачев, В.Безруков, Н.Левин, М.Манонов) получили почетный диплом. С 2007 г. Н. Левин Эмеритус ученый Латвийской республики.

Библиографический список литературы к главе 4.

- 4.1. М.М.Красношапка, Ф.Р.Мишнев. Системы электроснабжения и химические источники электроэнергии.-Рига, труды РКВИАВУ,1960.
- 4.2. Г.И.Штурман и др. Проблема бесконтактности электрических машин.-Рига,АН ЛССР, Сб.Бесконтактные электрические машины, Вып.1.1961.
- 4.3. Г.И.Штурман, Н.Н.Левин. Многополюсный асинхронный двигатель индукторного типа. Там же.
- 4.4. Г.И.Штурман, Н.Н.Левин. Моментный двигатель индукторного типа. Там же.
- 4.5. Н.Н.Левин. Многополюсные бесконтактные сельсины.-Рига,АН ЛССР, Сб. Бесконтактные электрические машины, Вып.2,1962.
- 4.6. А.с. 155558, СССР,1963. Электрический шаговый двигатель.-Н.Н.Левин, Г.И.Штурман.
- 4.7. Н.Н.Левин. Об одном принципе инвариантности в электромеханике.-Рига, Зинатне. Сб. Бесконтактные электрические машины.Вып.9,1970.
- 4.8. Н.Н.Левин. Метод исследования многофазных разноименнополюсных индукторных машин. - Рига, АН ЛССР, Сб. Бесконтактные электрические машины, Вып.2,1962.
- 4.9. А.с. 181726,СССР,1962. Многополюсный моментный двигатель индукторного типа.-Н.Н.Левин.
- 4.10. А.с. 326682,СССР,1971. Моментный двигатель для стабилизации гироприборов.-Н.Н.Левин, И.И.Авдеев.
- 4.11. А.с. 192895,СССР,1966. Реверсивный линейный шатовый электродвигатель.-Н.Н.Левин.
- 4.12. А.с. 767909,СССР, 1978. Шаговый электродвигатель.-Н.Н.Левин и др.
- 4.13. А.с.480168,СССР,1975. Шаговый электродвигатель.-Н.Н.Левин и др.
- 4.14. А.М.Санталов, А.Д.Серебряков. Вопросы теории и расчета бесконтактного двигателя постоянного тока индукторного типа.-Рига,Тр. РКИИГА, Вып.141,1970.
- 4.15. А.с. 215304,СССР, 1968. Бесконтактный двигатель постоянного тока.-Н.Н.Левин, А.М.Санталов.
- 4.16. А.М.Санталов, А.Д.Серебряков. Об оптимальной геометрии зубцовой зоны индукторных машин.- Рига,Тр. РКИИГА,Вып.113,1967.
- 4.17. А.Д.Серебряков. Об эффективности применения индукторных электрических машин в авиации.- Рига, РАУ, Сб.трудов ФРВС, 1995.
- 4.18. Н.Н.Левин,В.П.Горбунов, А.Д.Серебряков. Синтез электрических машин со взаимно неподвижными сосредоточенными обмотками.-М.: Энергия, Ж. Электротехника, №7,1972.
- 4.19. А.с. 298994, СССР,1971. Электродвигатель индукторного типа.-Н.Н.Левин, А.Д.Серебряков, А.М.Санталов.
- 4.20. А.с. 379025, СССР,1973. Линейный шатовый электродвигатель.-Н.Н.Левин, А.М. Санталов, А.Д.Серебряков.
- 4.21. А.с. 782063, СССР, 1980. Индукторный электродвигатель.-А.Д.Серебряков.
- 4.22. А.Д.Серебряков. Индукторные линейные шаговые электродвигатели.-Рига,зинатне, Сб. Бесконтактные электрические машины, Вып. 25,1986.

- 4.23. А.Д.Серебряков. Индукторные электрические машины с улучшенными техническими характеристиками.-Рига, РАУ, 1999.
- 4.24. А.с. 1190423, СССР, 1985. Поворотный трансформатор.-А.В.Булеков, Н.Н.Левин, а,д,Серебряков.
- 4.25. А.с. 1571727, СССР, 1990. Индукционный редуктосин.-О.П.Белявин, А.В.Булеков, Н.Н.Левин, А.Д.Серебряков и др.
- 4.26. А.с. 1713033, СССР, 1992. Индукторный генератор.-Н.Н.Левин, А.Д.Серебряков и др.
- 4.27. А.с. 589541, СССР, 1978. Устройство для измерения перемещений вращающегося вала.-Н.Н.Левин, А.Д.Серебряков, О.П.Белавин.
- 4.28. А.с. 1025997, СССР, 1983. Датчик контроля радиального смещения вращающегося вала.-А.Д.Серебряков.
- 4.29. А.с. 1224557, СССР, 1986. Датчик контроля изменений радиального смещения вращающегося ферромагнитного вала.-А.Д.Серебряков.
- 4.30. Л.Г.Саввин. Параметры схемы замещения магнитогидродинамического гироскопа.-Рига, Тр.РКИИГА, Вып. 141,1970.
- 4.31. Л.Г.Саввин. Кинетический момент МГД-гироскопа.-Рига, Тр. РКИИГА, Вып. 233, 1972.
- 4.32. И.С.Курбатов. Биротативное каскадное устройство.-Рига, Тр. РКИИГА, Вып. 233,1972.
- 4.33. И.С.Курбатов. Электромеханический генераторный агрегат.-Рига, Тр. РКИИГА, Вып.141, 1970.
- 4.34. А.В.Тимошин. К вопросу об анализе регулирования напряжения синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов изменением магнитного сопротивления сердечника якоря.-Там же.
- 4.35. А.В.Тимошин. О применении емкостных стабилизаторов напряжения синхронных генераторов с постоянными магнитами в сочетании с дросселями насыщения.-Рига, Тр. РКИИГА, Вып. 71, 1966.
- 4.36. Н.В.Максимов. К вопросу о параметрическом регулировании скорости индуктивного двигателя.-Рига, Тр. РКИИГА, Вып. 71, 1966.
- 4.37. Н.В.Максимов. Построение характеристик привода МУ-двигатель последовательного возбуждения.-Там же.
- 4.38. Н.Н.Левин, А.Д.Серебряков. Бесконтактные электродвигатели с многослойным воздушным зазором.-Киев, КИИГА, Сб. Авиационное электрооборудование, Вып. 2, 1976.
- 4.39. Н.Н.Левин, А.Д. Серебряков. Машинная постоянная линейного электродвигателя со взаимно неподвижными обмотками.-Там же.
- 4.40. Г.Н.Клейменов. Сравнение характеристик и анализ состояний электромагнитных и бесконтактных коммутационных аппаратов.-Киев, КИИГА, Сб. Авиационное электрооборудование, Вып.2, 1976.
- 4.41. Н.Н.Левин, А.Д.Серебряков. Учет насыщения стали при расчете электрических машин со взаимно неподвижными обмотками.-Рига, Зиннатне, Известия АН ЛССР, сер.ФТН, №5, 1978.
- 4.42. В.М.Мельник, А.Д.Серебряков. К вопросу о технической диагностике микромашин индукторного типа.-Рига, РКИИГА, Межвуз. Сб. Тр. МГА, Вып. 3,1976.
- 4.43. А.Д.Серебряков, Г.Н.Клейменов. Индуктивный преобразователь положения щеток электрических машин.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр.МГА,1978.

- 4.44. А.Д.Серебряков, Г.Н.Клейменов. Измерение износа щеток электрических машин.-Рига, РКИИГА, Межвуз. Сб. Тр. МГА, 1979.
- 4.45. А.с. 756529, СССР,1980. Индуктивный измеритель износа щетки электрической машины.- А.Д.Серебряков, Г.Н.Клейменов, Н.Н.Левин.
- 4.46. О.П.Белавин, А.Д.Серебряков, В.П.Николаев. Устройство измерения радиальной выработки подшипников.-Рига, РКИИГА, Межвуз. сб. Тр. МГА, Вып. 2, 1976.
- 4.47. О.П.Белавин, А.Д.Серебряков, М.И.Шипр. Оптимальное включение катушек измерительного преобразователя выработки подшипников.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб. тр. МГА, 1977.
- 4.48. Н.Н.Левин, А.Д.Серебряков. Электрические машины и приводы. Вып.3. Электропривод на базе двигателей со взаимно неподвижными обмотками.-Рига, РВККУ, 1976,с.191.
- 4.49. Patents LV-11399, 1996. Induktorgenerators ar vienu paketi-N.Levins, J.Roliks, A.Serebrjakovs.
- 4.50. А.с. 1815751, СССР, 1993. Двухпакетный аксиальный индукторный генератор.-Н.Н.Левин, А.Д.Серебряков и др.
- 4.51. Н.Н.Левин, А.Д.Серебряков, А.В.Булеков. Анализ эксплуатационных характеристик синхронных генераторов.-Рига, РАУ, Межвуз.сб. тр. МГА,1981.
- 4.52. Ю.Н.Дубаков. Анализ методов диагностирования аккумуляторных батарей.-М.: МИИГА, Сб.докл. Н.-Т. конф.,1991.
- 4.53. А.с. 1663583, СССР, 1991. Устройство для обнаружения витковых замыканий в электрических катушках.- О.П.Белавин, Ю.Н.Дубаков и др.
- 4.54. Ю.М.Лукин и др. Диагностирование выпрямителей, выполненных на основе трансформаторов с бегущим магнитным полем.-Рига, Зинатне, Сб. Известия АН ЛССР, сер.ФТН, №1,1989.
- 4.55. О.П.Белавин, А.Д.Серебряков. Электрическая машина как измерительный преобразователь радиальной выработки подшипников.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр. МГА, Вып.3,1976.
- 4.56. О.П.Белавин. О применении трансформаторных измерительных преобразователей для контроля смещения вала электрической машины.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр. МГА, 1979.
- 4.57. О.П.Белавин. Состав диагностического сигнала электромеханического измерительного преобразователя радиальных перемещений вала авиационного генератора.- Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр. МГА, 1983.
- 4.58. А.с. 864440, СССР,1981. Устройство для измерения неравномерности воздушного зазора электрической машины.- О.П. Белавин, Н.Н.Левин и др.
- 4.59. А.с. 1753254, СССР,1992. Способ определения эксцентри ротора электрической машины.- О.П.Белавин, Н.Н.Левин, А.Д.Серебряков.
- 4.60. А.В.Булеков. Разработка оптимальных алгоритмов поиска места отказа системы электроснабжения воздушных судов.-Л.: ЛАГА, Сб. Безопасность и эффективность воздушного транспорта, 1985.
- 4.61. А.В.Булеков, В.Н.Абрамов. Методика выбора и оптимизации диагностических параметров автономной системы электроснабжения.- Рига, Зинатне, сб.Известия АН ЛССР, сер.ФТН, №3,1986.
- 4.62. А.с. 1285411, СССР, 1987. Устройство для контроля генераторов.-Н.Н.Левин, А.Д.Серебряков, А.В.Булеков.
- 4.63. А.с. 1291900, СССР,1987. Устройство для контроля параллельно работающих синхронных генераторов с приводами постоянной частоты вращения.-А.В.Булеков, Н.Н.Левин, А.Д.Серебряков и др.

- 4.64. И.В.Кальберг. Дифференциальный фотоэлектрический датчик скорости изображения.-Рига, РИИГВФ, сб.н.статей, 1963.
- 4.65. И.В.Кальберг. Исследование оптических свойств природных объектов и их аэрофотографического изображения.-М.: Вестник АН СССР,1970.
- 4.66. Г.Ю.Волошин. Исследование точности акустического высотомера.-М.: ГОСНИИГА, сб.тр.,1975.
- 4.67. Ю.Г.Кассин. Исследование точности самолетовождения по трассам Гражданской авиации.-М.: Сб.тр. НЕЦАУВД,1979.
- 4.68. Л.М.Маликов. Функциональные элементы и погрешности авиационных измерительных приборов.-Рига,РКИИГА,1976.
- 4.69. Г.В.Анисимов. Бортовые технические средства обеспечения безопасности полета пассажирского самолета.-Рига, РКИИГА, сб.тр.вып.144,1969.
- 4.70. Г.В.Анисимов, Ю.Г.Кассин. Системы управления полетом и пилотажно-навигационные комплексы.-Рига, РКИИГА, 1984.
- 4.71. П.И.Трифонов-Богданов. Ионизационные датчики для измерения высоты полета.-Рига,РКИИГА, Межвуз.сб.тр.МГА, 1983.
- 4.72. Ю.Г.Кассин, Н.М.Богданченко. Устройство и структуры современных систем автоматического управления полетом самолета.-Рига, РКИИГА,1982.
- 4.73. Ю.Г.Кассин, Г.В.Анисимов, Н.М.Богданченко. Автоматическое управление самолетом при заходе на посадку.-Рига, РКИИГА,1979.
- 4.74. Ю.Г.Кассин, Г.В.Анисимов. Системы управления полетом и ПНС.-Рига, РКИИГА,1984.
- 4.75. Г.Ю.Волошин, Е.В.Васильев. Резервные авиаоризонты.-Рига, РКИИГА,1992.
- 4.76. А.Г.Гамулин. Метод оптимизации систем обеспечения безопасности полета при автоматическом управлении самолетом.-М.: МГА, докл.н.т.конф, 1985.
- 4.77. А.Г.Гаммулин. Оптимизация параметров средств обеспечения безопасности, применяемых в САУ.-Киев, КИИГА, сб.МГА. Повышение эффективности ПНК,1987.
- 4.78. В.С.Климов. Теория автоматического управления. Часть1-2-М.:1975.
- 4.79. М.Л.Тойбер. Бесконтактный метод измерения с цифровой индикацией амплитуд колебаний рабочих лопаток на вращающемся роторе.-Рига, РКИИГА, сб.тр. Вып.183, 1971.
- 4.80. А.с. 928181, СССР, 1982. Способ контроля лопаток турбины.-Е.А.Коняев,М.Л.Тойбер.
- 4.81. М.Л.Тойбер. Электронные системы контроля и диагностики силовых установок.-М.: Воздушный транспорт, 1990.
- 4.82. П.И.Трифонов-Богданов. Разработка и исследование динамических методов контроля САУ полетом, основанных на анализе спектрального состава контролируемых сигналов.-Рига, РКИИГА,1974.
- 4.83. П.И.Трифонов-Богданов. Инерциальные навигационные системы полуаналитического типа (монография).-Рига, РАУ, 1998.
- 4.84. П.И.Трифонов-Богданов. Автоматизация бокового движения воздушного судна народно-хозяйственного назначения.-Рига, сб.н.тр.РАУ,1995.
- 4.85. А.с. 1559601, СССР,1988. Автопилот заданной линии пути.-П.И.Трифонов-Богданов.

- 4.86. А.с. 1821646, СССР, 1991. Автомат разворота ВС на заданную боковую величину.-П.И.Трифонов-Богданов.
- 4.87. В.А.Ефимов, В.П.Николаев, А.М.Кофман. К вопросу об оценке фактического технического состояния потенциометрических датчиков давления.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр.МГА, вып.1, 1974.
- 4.88. О.П.Белавин, В.М.Мельник, А.Д.Серебряков. О методике оценки возможности эксплуатации электрооборудования самолетов заменой по техническому состоянию. Там же.
- 4.89. О.П.Белавин, А.Д.Серебряков, В.П.Николаев. Устройство для измерения радиальной выработки подшипников.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр.МГА, Вып.2, 1976.
- 4.90. О.П.Белавин, А.Д.Серебряков, М.И.Шипр. Оптимальное включение катушек измерительного преобразователя выработки шарикоподшипников.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр.МГА, 1977.
- 4.91. В.А.Ефимов, М.И.Пальчих и др. Надежность и вопросы организации технического обслуживания А и РЭО.-Рига, РКИИГА, 1978.
- 4.92. В.А.Серый, М.И.Шипр. Разработка метода определения номенклатуры электрооборудования и приборов серийного самолета, заменяемых по техническому состоянию.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр.МГА, Вып.1, 1974.
- 4.93. Б.Т.Борисов, М.И.Пальчих. О возможности оценки качества посадки воздушных судов наземными средствами контроля.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр.МГА, 1979.
- 4.94. Г.С.Утехин, М.И.Пальчих. Прогнозирование технического состояния авиационного оборудования по статистическим данным. Там же.
- 4.95. А.с. 1489392, СССР, 1989. Способ контроля электродвигателей с двумя обмотками последовательного возбуждения и электромагнитной муфтой.-О.Ю.Полетаев, В.Н.Потапов, В.А.Серый.
- 4.96. А.А.Смердев. Диагностика шарикоподшипников авиационных электрических машин.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр.МГА, 1980.
- 4.97. А.с. 1326031, СССР, 1990. Устройство автоматизированного контроля электрической машины.-В.Н.Потапов, А.М.Кофман, К.Ц.Цанев.
- 4.98. А.с. 1570493, СССР, 1990. Способ контроля электромагнитных муфт.-В.А.Серый, О.Ю.Полетаев, В.Н.Потапов.
- 4.99. А.с. 646407, СССР, 1979. Способ диагностирования электродвигателей постоянного тока.-В.Н.Потапов.
- 4.100. А.с. 911385, СССР, 1982. Способ контроля электрических машин.-В.Н.Потапов.
- 4.101. В.Н.Потапов. Синтез методов диагностирования электрических машин с использованием принципов теории инвариантности.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр. МГА, 1983.
- 4.102. В.Н.Потапов. О возможности безразборного контроля качества комутации микродвигателей авиационных механизмов.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр. МГА, 1975.
- 4.103. М.И. Пальчих, А.С.Кураев. Надежность авиационного оборудования.-Рига, РКИИГА, 1975.
- 4.104. С.Н.Городенский. Оценка точности спектральный измерений дальности до грязи.-Геомагнетизм и аэрономия, т.13, №5, 1973.
- 4.105. А.И.Александров, Ю.А.Краснитский. Кепстральный анализ атмосфериков на основе линейного прогнозирования.-Геомагнетизм и аэрономия, т.25, №3, 1985.

- 4.106. А.И.Александров, А.В.Граковский, Ю.А.Краснитский. Солитонная модель тока обратного удара молнии.-Атмосферное электричество. Тр.ПІ Всесоюзного симпозиума.-Л.:Гидрометеоиздат, 1988.
- 4.107. Grakovski A. Nonlinear Equation for Lightning Return Stroke Electromagnetic Radiation./Atmospheric Electricity.IX International Conference Proceedings, St.-Peterburg: Main Geophysical Observatory, 1992.-v.1,pp. 251-254.
- 4.108. Aleksandrov A. Atmospheric forms evolution./Atmospheric Electricity. IX International Conference Proceedings, St.-Peterburg: Main Geophysical Observatory, 1992.-v.3, pp. 783-785.
- 4.109.А.П.Катецкая, П.Н.Шевелев. Некоторые вопросы измерительной техники (сб. статей).-Рига, РКИИГА, сб.тр.вып.47,1964.
- 4.110. А.П.Катецкая. Нулевой метод измерения скорости вращения с изменением фазопостоянных цепей.-Рига, тр.РКВИАВУ, Вып.13, 1956.
- 4.111. М.И.Пальчих. Разработка и исследование метода перемножения функций тензоромостами и его применения для анализа низкочастотных процессов.-Рига, РКИИГА, 1968.
- 4.112. А.Б.Лукашенок. Разработка и исследование гармонических генераторных и множительных устройств аппаратуры гармонического анализа для аэродинамических экспериментов.-Рига, РКИИГА, 1972.
- 4.113. Ю.М.Котолевский, А.Б.Лукашенок, Н.Н.Тюнин. Оптоэлектронное синусно-косинусное множительное устройство.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр. МГА, 1977.
- 4.114. Ю.М.Котолевский, А.Б.Лукашенок. Гармоническое фазорегулирующее устройство.-Рига, РКИИГА, Межвуз.сб.тр. МГА, 1978.
- 4.115. В.В.Орехов, С.Б.Феоктистов. Расчет линейных электрических цепей постоянного и однофазного синусоидального тока.-Рига, РКИИГА, 1989.
- 4.116. С.Б.Феоктистов. Расчет трехфазных электрических цепей.-Рига, РКИИГА, 1991.
- 4.117. А.И.Александров, С.Б.Феоктистов. Расчет потенциального магнитного поля.-Рига, РКИИГА, 1990.
- 4.118. Н.Н.Лисицин. Метод оптимального оперативного управления марковскими процессами в задачах массового обслуживания. -Рига, РКИИГА, 1974.
- 4.119. Ю.М.Лукин. Метод опытного определения коэффициентов магнитных помех при компонентной аэромагнитной съемке.-Рига, тр. РКИИГА, вып. 248, 1973.
- 4.120. А.Ф.Кугаевский. Измерение параметров ферромагнитных материалов на высоких частотах.-М.:издат. Стандартов, 1973.
- 4.121. Г.С.Утехин. Оптимизация требований к метрологическим характеристикам эксплуатационного контроля с целью повышения безотказности авиационной техники.-Рига, РКИИГА, 1990.
- 4.122. Г.С.Утехин. Особенности периодического измерительного контроля в замкнутой СМО.-Рига, сб.научн. тр. РАУ, 1991.

Г л а в а 5. Работы рижских ученых в области обеспечения безопасности полетов летательных аппаратов путем повышения их прочности и надежности в процессе эксплуатации.

17 июня 1955 г. летчик Ю. Т. Алашеев (www.migavia.com/testpilots/alasheev-jt.htm) впервые поднял в воздух первый советский реактивный пятидесятиместный лайнер Ту-104.



Через год был наложен серийный выпуск этого самолета, а с 15 сентября 1956 г. рейсовый самолет Ту-104 начал совершать регулярные полеты по маршруту Москва-Иркутск-Москва. Рейсовая скорость полета Ту-104 составляла 800-830 км/ч, дальность достигала 3200 км, а высота полета -10-12 км. С ростом скоростей и высот полета при переходе на реактивную технику как в военной, так и в гражданской авиации потребовалось принятия специальных мер по повышению безопасности полета экипажа и пассажиров реактивных самолетов в новых условиях полета. Обеспечение безопасности полета предусматривало введения системы мероприятий, предупреждающих неблагоприятные события (авиационные происшествия и инциденты) и обеспечивающих авиаперевозки без угрозы для жизни и здоровья людей, а также сохранения летательного аппарата. Важной частью всего комплекса мероприятий обеспечения безопасности полета одна из была проблема обеспечения прочности и надежности авиационных конструкций в процессе эксплуатации с учетом особенностей реактивной техники. Исследованием этих вопросов занялась группа рижских ученых, работавших в РКВИАВУ. Среди них особо следует отметить направления работ, возглавляемых профессорами Калининым Н. Г., Миртовым И.Д. и позднее Кордонским Х.Б. Их научные биографии размещены на сайте: <http://www.russkije.lv>



Н.Г.Калинин возглавил исследования по работе авиационных тонкостенных конструкций в различных условиях нагружения. Продолжая работы, начало которых было доложено 1-ой НТК РКВИАВУ, он в январе 1951г. опубликовал результаты двух новых научных исследований. В первой [5.1] методом начальных параметров дал решение задачи о совместном изгибе двух балок, соединенных упругими связями, препятствующими взаимному вертикальному смещению одной балки относительно другой. Такая задача встречается при расчете на прочность тонкостенного фюзеляжа с вырезом или без него, подкрепленного одним или несколькими бимсами - продольными балками большей изгибной жесткости. В этой работе было дано решение для случая двух балок, когда каждая из них произвольным образом загружена и закреплена. От общей задачи для оболочки с бимсом Н. Г. Калинин перешел к решению частной задачи: рассмотрению условий работы части оболочки - панели, состоящей из тонкой пластины, окаймленной стержнями и нагруженной сосредоточенными силами. Решение этой задачи было доведено до расчетного метода и также опубликовано в 1951г.[5.2]. Продолжая традиции Н. Е. Жуковского по строительной механике самолета, Н. Г. Калинин совместно с известными в этой области московскими учеными А. М. Афанасьевым и В. А. Марыниным подготовил и издал книгу [5.3], комплексно излагающую сопротивление материалов и строительную механику. Содержание книги позволяло производить основные инженерные расчеты на прочность, необходимые в авиационной практике. Эта книга на многие годы стала настольной для авиационных инженеров-практиков и студентов старших курсов авиационных вузов. Развитие общих вопросов строительной механики реактивного самолета в направлении повышения безопасности полета для обеспечения требуемой эксплуатационной прочности и надежности поставило проблему достаточно точной оценки ресурса планера реактивного самолета сопротивлению усталости, в условиях больших знакопеременных нагрузок, а для больших скоростей - и в условиях действия аэродинамического нагрева конструкции. Это направление исследований уже в 50-ые годы возглавил К. Д. Миртов. К этому времени он уже имел опыт теоретических и экспериментальных исследований по вопросам развития во времени процессов деформирования и разрушения конструкционных

материалов. В частности, им были выполнены работы по описанию процессов ползучести и релаксации напряжений при однородном напряженно-деформированном состоянии конструктивных элементов, сделаны выводы о влиянии этих процессов на эксплуатационные характеристики элементов конструкций, работающих в условиях повышенных температур [5.4]. Были также выполнены исследования по вопросам усталости при нестационарном нагружении. Здесь наибольшего внимания заслуживает работа по энергетическому истолкованию линейной гипотезы суммирования усталостных повреждений Пальмгрена-Майнера. Это истолкование придало линейной гипотезе, широко используемой на практике до настоящего времени как основного инструмента расчета усталостного ресурса при эксплуатационном нагружении, ясный физический смысл. Выводы о правилах суммирования усталостных повреждений являются логическим следствием двух исходных постулатов:

- разрушение в некотором объеме материала при переменном механическом нагружении наступает тогда, когда каждой единицей объема поглощается некоторая величина энергии разрушения, постоянная для данного материала;
- для энергии разрушения, поглощаемая единицей объема материала в каждом цикле, определяются параметрами напряжений в данном объеме (максимальное напряжение цикла, коэффициент асимметрии, частота и т. п.), но не зависит от предыстории нагружения .

Из этих предположений, с использованием закона сохранения энергии, получено правило линейного суммирования по кривой усталости регулярного нагружения [5.5, 5.6]

5.1. Проблема усталостной долговечности авиационных конструкций и оценка назначенного ресурса.

Конец 50-х и начало 60-х годов ознаменовались бурным развитием скоростных и высокогрузоподъемных видов воздушного транспорта. Возникшие в этой связи задачи снижения веса конструкции реактивного транспортного самолета при росте нагруженности ее частей потребовали принципиально новых подходов к расчетам эксплуатационной прочности и долговечности, к учету влияния эксплуатационной нагруженности, методам стендовых испытаний и к трактовке их результатов. В центре проблемы оказалась задача обеспечения усталостной долговечности конструкций. Высокое рассеивание усталостной долговечности вынудило обратиться к вероятностным методам ее анализа и расчета. В конечном счете, любая вероятностная трактовка усталостной долговечности сводится к установлению закона ее распределения. Закон распределения в виде квантиля заданного уровня вероятности разрушения определяет ресурс конструкции из условий отсутствия разрушений. Например,

применительно к конструкциям планеров самолетов принято было использовать логарифмически-нормальный закон распределения усталостной долговечности. Если вместо него использовать закон распределения Вейбулла, то при одном и том же заданном уровне неразрушения, ресурс планера окажется меньшим, чем назначаемый. Таким образом, та или иная вероятностная трактовка усталостной долговечности может приводить как к неоправданным экономическим потерям, так и к риску усталостного разрушения. В конце 50-х годов на страницах зарубежной печати велась ожесточенная дискуссия вокруг проблемы использования, либо логарифмически-нормального, либо Вейбулла законов распределения. От правильности принятого решения зависели и безопасность полета, и экономические показатели. Интенсивные исследования по этому направлению развернулись в РКИИГА под руководством Х. Б. Кордонского. В 1961 г. в его работе [5.41] впервые была дана вероятностная модель образования логарифмически-нормального закона распределения, увязанная с известными физическими явлениями накопления усталости в металлах. Модель учитывала, что по ходу приложений циклических нагрузок изменения, протекающие в металле (образование и перемещение дислокаций и т.д.), постепенно затухают. Соответственно накопление усталости трактовалось как марковский процесс стационарный в пространстве состояний и нестационарный по времени. Эта работа опровергла высказывание Фрейденталя (США), что логарифмически-нормальное распределение долговечности не отвечает ни одной из реальных картин накопления повреждений. Точная трактовка указанной модели и относящиеся к ней задачи математического исследования были изложены в 1961 г. на четвертом Всесоюзном математическом съезде [5.42]. Б. Е. Корсаковым и Ю. М. Парамоновым были развиты вытекающие из модели аспекты, связанные с правилами суммирования усталостных повреждений при сложном эксплуатационном нагружении. Было показано, что модель дает качественное и количественное описание явления тренируемости металла, которое ранее наблюдалось в большом числе экспериментов. В книге [5.43], которая явилась первым систематическим изложением приложений методов теории вероятностей в машиностроении, эти результаты нашли краткое отражение. Из указанной модели в качестве следствия был разработан метод ускоренных усталостных испытаний, который получил название метода «доламывания» [5.44]. Итоговое рассмотрение относящихся сюда проблем, сравнение различных вероятностных трактовок усталостной долговечности, включая предложение об использовании обратного нормального распределения, содержится в работе [5.45]. Предложение об использовании вместо логарифмически-нормального закона распределения обратного нормального связано с проблемами описания усталостной долговечности при высокочастотных циклических нагрузениях, включая

нагружение ультразвуковыми колебаниями. Обратное нормальное распределение отвечает процессам немонотонного накопления повреждений, что не противоречит современным взглядам на физику усталостных разрушений. При почти полном совпадении результатов с логарифмически-нормальным распределением для сравнительно высоких уровней нагружения, обратное нормальное распределение дает существенно более высокую достоверность определения ресурсов при низкоамплитудных высокочастотных нагрузлениях. Как показали позднейшие исследования, выполненные совместно с М. М. Ларином, на этой основе удалось построить эффективные методы экстраполяции квантильных кривых усталости. С конца шестидесятых годов выяснилось, что применительно к действующим конструкционным материалам, невозможно создать высоконагруженные конструкции, которые при приемлемом сроке эксплуатации не имели бы по отдельным частям усталостных разрушений. Встало задание обеспечения высокой живучести конструкции. Полное разрушение конструкции предотвращается за счет контроля ее состояния и выявления усталостных трещин в фазе их устойчивого развития. В этой связи возникла задача статистического анализа данных об эксплуатационных разрушениях. Совместно с Ю. А. Мартыновым, А. Я. Кузнецовым, В. П. Артамоновским, В. А. Макаровым, В. Л. Растигина, Н. С. Кулешовым был выполнен широкий цикл работ по статистическому анализу данных об усталостных разрушениях (трещинах) элементов конструкций планеров самолетов и авиадвигателей. Особенность исходных данных заключается как в наличии случайного цензурирования, так и в разовой фиксации наблюдаемой длины трещины. В результате анализа необходимо указать вероятность появления трещины при заданной наработке и закономерность ее развития. Общие принципы решения этой задачи отражены в книге [5.46]. На основе разработанных профессором Кордонским Х. Б. и его учениками методов была создана система вычислительных программ для практического использования. Наряду с разработкой общей теории усталостных повреждений авиационных конструкций в процессе эксплуатации, велись работы в РКИИГА по созданию методов и изучению влияния различных факторов на характеристики сопротивления усталостному разрушению, а также методов прогнозирования этих характеристик при действии переменных эксплуатационных нагрузок. Эти работы (по первому направлению) возглавил профессор Миртов К. Д. Наиболее интересные результаты, полученные в исследованиях первого направления, состоят в следующем. В работах Сегала Я. С., преимущественно экспериментальных, исследована кинетика развития процесса усталостного разрушения при испытаниях образцов на консольный изгиб с вращением. Установлено, что прогиб на конце образца меняется весьма сложным образом с увеличением наработки, причем по записи прогиба представляется возможным судить о стадиях развития

процесса усталости [5.7]. Удалось установить по кривой "наработка-прогиб" момент появления усталостной макротрешины и с использованием энергетического подхода теории трещин получить количественную связь между прогибом и размером трещины, а затем и разработать методику получения кинетической диаграммы роста трещины [5.8]. К этому же направлению относится цикл работ, выполненных Р. М. Вахитовым и посвященных исследованию влияния формы цикла изменения переменной регулярной нагрузки на усталостную долговечность и скорость роста усталостной трещины [5.9]. Автором была создана оригинальная экспериментальная установка с гидравлическим нагружением, причем управление усилием гидроцилиндров в пределах одного цикла осуществлялось специальным программным устройством. Второе направление исследований получило наиболее интенсивное развитие в теоретическом обосновании вопросов индикации усталостного повреждения и, на этой основе, прогнозирования остатка ресурса ответственных элементов конструкции. Вопросам теории оценки ресурса посвящены работы Ю. М. Парамонова. В них были рассмотрены решения следующих задач:

1. Разработка математических методов определения назначенного ресурса и допустимости эксплуатации до требуемого ресурса. Во второй задаче определялась потребность длительности испытаний, подтверждающей возможность эксплуатации до требуемого ресурса.

Исходная информация при решении этих задач была: число самолетов в эксплуатации и результаты испытаний на усталость, доведенных, либо не доведенных до разрушения соответствующего силового элемента (по работам Х. Б. Кордонского, К. Д. Миртова, В. П. Павелко).

2. Разработка критерия для различия двух наиболее распространенных законов распределения усталостной долговечности (логарифмически-нормального и Вейбулла) и решение проблемы обеспечения надежности при одновременном решении задач и проверки вида закона распределения и определения назначенного ресурса.

3. Разработка методов оценивания параметров и определения назначенного ресурса по результатам испытаний, в которых имело место однократное изменение режима нагружения: при «доламывании» в лаборатории элементов конструкции или их образцов ранее нагружавшихся в эксплуатации, либо при «доламывании» в эксплуатации образцов, имеющих предварительное нагружение в лаборатории. Решение первой задачи осуществлялось на основе, разработанной Ю. М. Парамоновым теории p – границ для случайных величин первого и второго рода [5.47, 5.48]. Применительно к самолетам Y – минимальная наработка парка самолетов до отказа; $X = (X_1, \dots, X_n)$ – наработки до отказа n испытаний (в

лаборатории) экземпляров. Сама p – граница интерпретируется как назначенный ресурс. Определение назначенного ресурса - это использование p – границы первого рода; граница второго рода (константы C) – определение требуемого назначенного ресурса. Решение второй задачи, продолжавшей исследования Х. Б. Кордонского, состояло в получении формулы для расчета и составлении таблицы границ критических зон и мощности для равномерно наиболее мощного инвариантного критерия, статистика которого определяется отношением плотностей вероятности для максимального инварианта при двойном экспоненциальном и нормальном распределениях (к сравнению этих распределений сводится задача сравнения распределений Вейбулла и логарифмически –нормального при использовании логарифмической шкалы). Краткие результаты, полученные из таблиц, включены в методические указания Госстандарта. Решение третьей задачи продолжали работы [5.50...5.52], где была рассмотрена задача оценивания назначенного ресурса по результатам испытаний в лаборатории на форсированных режимах нагружения некоторых моделей силовых элементов (индикаторов усталостного повреждения) и по данным об остаточной долговечности таких же индикаторов, отказавших в эксплуатации после некоторой фиксированной предварительной наработки в лаборатории. При использовании метода Монте-Карло производилось моделирование соответствующего процесса и получены таблицы для коэффициентов, необходимых для определения назначенного ресурса по совокупности данных об отказах в лаборатории и в эксплуатации. Частным случаем рассмотренной задачи является задача гарантитного прогнозирования в регрессионной модели, например, прогнозирование усталостной наработки крыла по взлетной массе, которая с заданной вероятностью (гарантией) не будет превышена в будущих полетах. К работам научной школы РКИИГА примыкали и исследования, которые в конце 60-х начале 70-х г. г. велись в РВВАИУ им. Я. Алксниса. Здесь было выполнено теоретико-экспериментальное исследование Ю. П. Григорьевым, результаты которого в 1971 г. им были защищены в качестве докторской диссертации. Работа была посвящена исследованию повреждаемости и разрушению металлов при программном нагружении [5.53]. Ю. П. Григорьев получил инженерное решение задачи об определении долговечности металла под действием произвольной нагрузки. Рассмотрел влияние случайных одиночных перегрузок на работоспособность образца и произвел сравнение различных программ нагружения с точки зрения их влияния на долговечность. Кроме того, им была разработана методика расчетного определения степени поврежденности металла под влиянием повторно статических нагрузок. В конце 60-х в РКИИГА были заложены основы практического создания и экспериментального обоснования индикаторов усталостного повреждения [5.10, 5.11], необходимых для

практической оценки остаточного ресурса. Основным исходным предположением индикации усталостного повреждения является создание такого устройства, которое являлось бы моделью конструкции в некоторой критической зоне в отношении характеристик усталостной долговечности. Это означает, что если такой индикатор испытывает ту же историю механического нагружения, то зарождение усталостных трещин в конструкции и индикаторе будет происходить при одной и той же наработке. Методике подбора индикаторов, экспериментальному обоснованию идентичности усталостных характеристик и исследованию условий ее существования, многим другим методическим вопросам посвящены цитировавшиеся работы и другие работы профессора Миртова К. Д. И его учеников Нестеренко Г. И., Белайчука А. К., Слепечеца Е. Н. Логическим завершением этих работ явилось авторское свидетельство на способ определения усталостной долговечности конструкции [5.12], разработка методики индикации усталостного повреждения самолетов гражданской авиации и проведения опытной эксплуатации индикаторов. Из работ этого периода особо следует отметить также исследования по так называемым "эквивалентным образцам" [5.22, 5.23]. Эквивалентные образцы - это элементы реальной конструкции, эксплуатировавшиеся в типовых для данного летательного аппарата условиях и снятые с самолета при ремонте после достижения определенной наработки. В последующем в лабораторных условиях при регулярном нагружении эти элементы доводятся до разрушения и по характеру изменения остаточной долговечности от предшествующей наработки выносится суждение о состоянии других элементов конструкции, для которых процесс накопления усталостного повреждения развивается аналогично. Такой подход является весьма перспективным. Научный коллектив под руководством профессора Миртова К.Д., занимался также разработкой методов определения внутренних силовых факторов в элементах конструкции самолета при действии нестационарных нагрузок. Внимание к этому направлению определялось той важностью, которая играет точность определения напряжений в силовых элементах для правильного расчетного определения усталостной долговечности. Начало работам этого направления было положено использованием электромеханической аналогии между динамическими процессами при нагружении механических систем и нестационарными процессами в линейных электрических цепях. Первые практические разработки этих вопросов осуществлены в работах Мухо В.С. [5.13] выполнившего комплекс методических исследований. В дальнейшем предложенная им модель была использована в работах Макеева В.Я. по флаттеру крыла [5.14]. Полная модель свободного самолета с упругим крылом, фюзеляжем и оперением была разработана Павелко Т.В. [5.15] и использована для исследования частот и форм колебаний конструкция, изучения аэродинамического нагружения конструкции и полета в

неспокойном воздухе [5.16, 5.17]. Показана также высокая эффективность использования электрической модели самолета для решения задач о накоплении усталостных повреждений [5.18]. Николаев А.П. линейную модель самолета дополнил моделью нелинейных опор шасси и исследовал вопросы применимости электрического моделирования для определения внутренних силовых факторов в элементах конструкции на наземных этапах движения [5.19].

5.2. Изучение характеристик живучести авиационных конструкций для перехода к эксплуатации их по техническому состоянию и методы диагностирования текущего состояния.

В конце 60-х, начале 70-х годов в Риге в РКИИГА группа ученых на кафедре конструкции и прочности самолетов под руководством проф. К.Д.Миртова и в научно-исследовательской лаборатории при кафедре эксплуатации авиационной техники под руководством проф. А.И.Пугачева развернула работы по подготовке и переходу к новой системе обслуживания и ремонта авиационной техники по состоянию. Отказ от эксплуатации авиационной техники по заданному ресурсу и переход к эксплуатации по техническому состоянию явился важным событием в развитии авиатехники в СССР и за рубежом. Этот переход требовал большой исследовательской работы, часть из которой и взяла на себя группа рижских ученых в РКИИГА. К этому времени стало уже ясно, что применяемая планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта авиатехники свои возможности исчерпала, а поэтому требуются новые, более прогрессивные методы. Для решения задачи интенсификации производственной деятельности авиационно-технических предприятий в условиях все усложняющейся авиационной техники наиболее полно отвечала этим требованиям система обслуживания по состоянию. Однако, для ее внедрения необходимы были следующие условия: изучение законов накопления усталостных повреждений и роста трещин, контролепригодность авиационной техники, наличие диагностической аппаратуры, разработанные режимы диагностирования, выбранные диагностические параметры и определены их изменения по наработке. Коллектив кафедры эксплуатации авиатехники РКИИГА совместно с Гос НИИ ГА стал выполнять работы в области технической диагностики механических систем летательных аппаратов. Разрабатывались методы и средства диагностики указанных систем, определялись контролируемые параметры, разрабатывались требования к конструкторским бюро по улучшению контролепригодности авиатехники. Результатами этой работы были принятые в серийное производство ультразвуковой течеискатель (ТУЗ) для определения внутренней негерметичности агрегатов гидросистем, прибор контроля электромеханизмов (ТЭСТ), прибор контроля внутренней негерметичности

гидросистем (ПКВН) и прибор контроля турбохолодильников. Однако в связи с проблемой эксплуатации авиаконструкций по фактическому техническому состоянию большое значение наряду с индикацией усталостных повреждений в конструкции и системах, как указывалось, приобрело изучение закономерностей накопления усталостных повреждений в элементах авиаконструкций и роста усталостных трещин, а также способов задержки этого роста. Для решения задачи эксплуатации конструкции планера по техническому состоянию основополагающее значение имела и информация о характеристиках живучести авиаконструкций. Первыми работами, выполненными в Риге в этом направлении, были статья К.Л..Миртова, В.П.Павелко, Р.В.Сакач [5.21, 5.23], которые положили начало исследованиям группы ученых под руководством В.П.Павелко (РКИИГА) в последующие годы. В исходной работе В.П.Павелко [5.24], исходя из обобщенного критерия разрушения В.В.Новожилова и О.Г.Рыбакиной, построил механическую теорию роста усталостных трещин при произвольном переменном нагружении. Основным ее допущением является утверждение, что вершина трещины при произвольном нагружении достигает заданной точки тогда, когда в ней достигается предельное значение пластической составляющей интенсивности деформаций, определяющееся траекторией пластической деформации в этой точке при предшествующем нагружении. При циклическом нагружении или при переменном нагружении с медленно меняющейся амплитудой напряжений теория дает формулу, принципиально совпадающую с формулой ПЕРИСА, но с показателем степени, зависящим от показателя упрочнения материала. Кроме того, формула хорошо описывает, по крайней мере, для алюминиевых сплавов, зависимость скорости роста усталостной трещины от коэффициента асимметрии. В последующий период исследования по изучению закономерностей роста усталостных трещин были продолжены в двух направлениях. Первое из них посвящено проблеме торможения усталостных трещин местным наклепом материала в окрестности вершины трещины [5.25, 5.26]. Теоретически было показано, что если на пути роста усталостной трещины в листе местным обжатием материала пуансонами в направлении, перпендикулярном листу, с удельным давлением в 2 ... 3 раза превышающим предел текучести материала создать зону местного наклена, то в средине ее создаются остаточные напряжения сжатия. При попадании вершины трещины в эту зону она надолго задерживается или останавливается вообще в зависимости от уровня активного нагружения. При некоторых допущениях вычислено влияние остаточных напряжений на коэффициент интенсивности напряжений при продвижении через зону наклена.

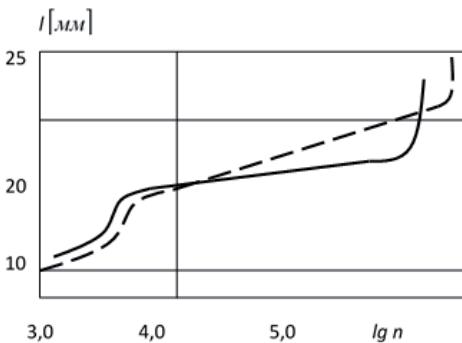


Рис. 5.1

На рис. 5.1 представлен пример сопоставления расчетного и наблюдаемого в эксперименте роста усталостной трещины через зону наклена. В последующих исследованиях полученные результаты широко использовались при разработке метода исследования характеристик усталости листовых образцов со многими концентраторами напряжений. Для обработки данных такого рода испытаний был развит эффективный метод обработки результатов, основанный на наилучшей в смысле наименьших квадратов аппроксимации нижней ветви эмпирической функции распределения долговечности [5.27]. Второе направление исследований по росту усталостных трещин относится к разработке методов учета конструктивно-технологических особенностей типовых участков авиаконструкций на напряженность в окрестности вершины трещины и скорость ее роста в условиях переменного механического нагружения. На основании анализа методами плоской теории упругости решена вспомогательная задача о напряженном состоянии бесконечной пластинки, ослабленной эллиптическим, криволинейным треугольным или квадратным отверстием, под действием сосредоточенной силы в произвольной точке плоскости. В предельном случае эллиптического отверстия, вырождающегося в щель, получаемое решение использовано для записи системы уравнений совместности деформации с подкрепляющими стрингерами. В такой постановке реализован на ЭВМ алгоритм анализа расчета напряженного состояния элементов подкрепленной панели с трещиной, который показал, что с увеличением относительной жесткости стрингеров возрастает как их подкрепляющее влияние на пластинку, так и снижается нагруженность собственно стрингеров. Описанные расчетные методы подкреплялись и корректировались на основе специальных экспериментов на подкрепленных панелях. Параллельно с развитием исследований по росту усталостных трещин в этот же период много внимания уделяется проблеме расчете и повышения сопротивления усталости авиационных заклепочных соединений. Это связано как с традиционной распространностью в авиации этого

испытанными десятилетиями вида соединений, так и возрастанием интереса к нему в связи с развитием безопасно повреждаемых конструкций. Начало работ по прочности заклепочных соединений относится к разработке методов анализа внутренних усилий в соединении листа со стрингером переменного по длине поперечного сечения [5.28, 5.29]. На основании сопоставления с экспериментом установлена необходимость и разработаны рекомендации по учету податливости крепежа в расчетах распределения внутренних усилий, как при упругом нагружении, так и в случае, когда в окрестности части заклепок развиваются пластические деформации [5.30]. В дальнейшем, в связи с решением упоминавшейся упругой задачи для пластинки с отверстием под действием сосредоточенной силы и реализацией на ЭВМ алгоритма вычисления единичных перемещений и напряжений, были решены задачи о напряженно-деформированном состоянии подкрепленной стрингерами или листовой накладкой панели с вырезами указанных очертаний [5.31 5.33].

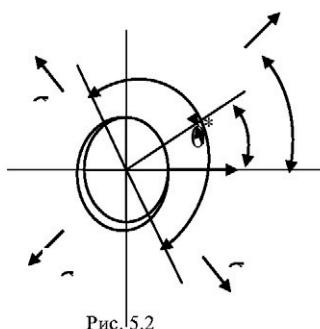


Рис.5.2

Дальнейшим шагом в этом направлении являлась разработка упругой модели изолированного крепежного элемента, расчетная схема которого представлена на рис.5.2. Использование этой модели позволило провести анализ окружных и контактных напряжений и сделать выводы о расположении точек наибольшей концентрации напряжений на контуре отверстия под крепежный элемент в зависимости от соотношения упругих характеристик листа и включения, соотношения напряжений общего поля и напряжений смятия, их относительной направленности, а также от степени радиального натяга или величины зазора при постановке крепежного элемента. Только рассмотрение общей картины распределения напряжений позволило качественно объяснить некоторые особенности процесса зарождения усталостных трещин на контуре отверстий под заклепки и болты. В частности, это позволило определить характер упрочнения зоны отверстий местным наклепом, позволяющим создать благоприятные сжимающие напряжения и в 5 и более раз повысить усталостную долговечность заклепочного соединения [5.34], что видно из рис.5.3.

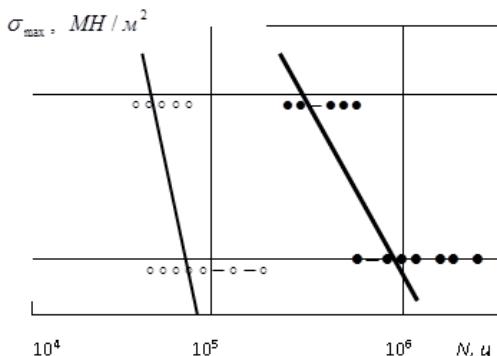


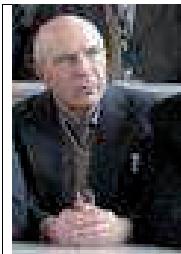
Рис.5. 3

Логическим итогом разработок по прочности заклепочных соединений при переменных нагрузках явилось создание прикладной теории усталостного разрушения заклепочных соединений [5.35, 5.36]. Многочисленные испытания на моделях различного рода соединений подтвердили высокую точность теории [5.37, 5.38]. Было показано, что теория применима не только при упругом деформировании, но и в условиях развития в окрестности заклепок пластических деформаций. Разработанная теория позволяет решать задачи расчета достаточно сложных, авиационных конструкций, выбирать их лучшие варианты. Проведенные многочисленные эксперименты подтверждают, что прикладная теория усталостного разрушения заклепочных соединений позволяет качественно и количественно описывать процесс зарождения усталостных трещин и разрушения заклепочных соединений. Все разработки, выполненные на основе проведенных исследований имеют непосредственную практическую направленность и многие из них использованы при решении задач обоснования ресурсных характеристик реактивных самолетов и для повышения эффективности их ремонта. В последующем на тех же исходных принципах, что и в случае прикладной теории усталостного разрушения заклепочных соединений, в ряде работ были развиты принципы обобщения данных об усталостных дефектах на основе учета напряженного состояния [5.39, 5.40]. Высокие требования к надежности авиационной техники, уровню безопасности полетов, усложнение и удорожание авиационной техники, переход к техническому обслуживанию реактивной авиации по фактическому состоянию потребовали создания новых автоматизированных систем диагностирования параметров конструкции. Описание состояния сложной технической системы и диагностики его изменения в процессе эксплуатации требует измерения и анализа большого количества характеристик - параметров состояния, поэтому эффективное комплексное решение такой проблемы возможно лишь при использовании автоматизированных систем сбора, обработки и анализа

параметров, характеризующих состояние этой сложной системы. С вводом в эксплуатацию в последние годы современных широкофюзеляжных самолетов большой пассажировместимости типа Ил-86 проблема обеспечения безопасности полетов становится наиболее остро. Снижение вероятности отказов жизненно важных систем самолета в полете может быть достигнуто путем анализа его технического состояния перед вылетом. Такой анализ должен основываться на информации об изменении параметров системы в течение последнего и предшествующих ему полетов. Это позволяет не только оценить техническое состояние объекта на момент вылета, но и прогнозировать его изменение на время предстоящего полета. Специалистами РКИИГА в составе авторского коллектива, состоящего из Владимира Н.И. <http://www.russkije.lv>, Красникова Л.Ф., Коняева Е.А. и Приклонского И., а также с участием предприятий промышленности и Московского транспортного управления была разработана автоматизированная система диагностирования АСД "Анализ-86", предназначенная для оценки и прогнозирования тенденций изменения технического состояния самолета Ил-86 в процессе эксплуатации. Информационной базой системы является совокупность значений параметров, характеризующих состояние систем самолета на всех этапах полета, зарегистрированных бортовым магнитным регистратором типа МСРП-256. АСД "Анализ-86" относится к наземно-бортовым типам систем и включает в себя бортовую и наземные части. На борту самолета осуществляется измерение значений параметров систем, преобразование их в цифровую форму с последующей регистрацией на съемный магнитный накопитель. Эти функции выполняют штатные датчики, установленные на объектах диагностирования, преобразователь аналог-код, мультиплексор, управляющий частотой и последовательностью опроса датчиков и цифровой магнитофон со съемным накопителем. Регистрирующая система МСРП-256 ежесекундно фиксирует значения 184 параметров и 167 разовых команд, характеризующих положения исполнительных механизмов различных систем. Наземная часть представляет собой комплекс, включающий устройства преобразования информации к виду, удобному для ввода ее в ЕС ЭВМ, собственно ЭВМ с набором периферийных устройств, и группы анализа участка диагностики авиационно-технической базы. Наземная часть обеспечивает ввод информации в ЕС ЭВМ, предварительную обработку данных, решение функциональных задач диагностирования технических систем, сбор и хранение диагностической информации в автоматизированном банке данных и информирования пользователей. После перезаписи на ленту ЕС ЭВМ декодирования информации она поступает на вход функциональных задач для последующего анализа. Результаты анализа в виде диагностических и информационных сообщений о техническом состоянии объекта представляются в распоряжение группы анализа для принятия решения о

техническом состоянии систем и необходимом объеме работ по техобслуживанию. Банк данных обеспечивает сбор статистической информации о техническом состоянии объекта диагностирования за длительный период его эксплуатации, прогнозирование тенденций изменения его характеристики, отслеживание результатов работы по техническому обслуживанию. Система "Анализ-86" позволяет пользователю управлять процессом решения при помощи дисплея. Он может выбирать задачи, которые ему необходимы в данном сеансе и, отменять ненужные. С точки зрения безопасности полетов и надежности летательного аппарата в целом наибольшее значение имеет комплекс функциональных задач по оценке и прогнозированию состояния двигателей. В состав комплекса входят задачи диагностирования двигателей по данным горизонтального полета, контроля системы автоматического регулирования на всех этапах полета, оценки и прогнозирования тяги на взлете; контроля маслосистемы и вибrosостояния двигателя, расчета эквивалентной наработки двигателя. Решение указанных задач позволяет обнаруживать на ранней стадии развивающиеся неисправности двигателя и его систем, выявлять двигатели с повышенным расходом топлива и т.д. 1-ая очередь АСД "Анализ-86" разработана в 1981-83 г.г. и внедрена в промышленную эксплуатацию с 1 января 1984 года в практику работы Внуковского производственного объединения ГА. За время опытной эксплуатации в результате отладки системных и функциональных задач достоверность диагностирования доведена до 0,96. За период опытной и промышленной эксплуатации были своевременно обнаружены развивающиеся неисправности двигателя и его систем, отказы датчиков системы измерения и регистрации. Средняя оперативная продолжительность диагностирования всего комплекса задач - 10 мин. на час полета. В 1984г. начаты работы по тиражированию системы "Анализ-86" во всех авиапредприятиях, эксплуатирующих самолет Ил-86. Теоретические основы этой системы были изложены Н.И.Владимировым и Л.Ф.Красниковым в ряде публикаций [5.54, 5.55]. Для оценки и контроля уровня нагруженности и учета усталостной наработки крыла Ил-86 по записям того же МСРП-256 в РКИИГА проводились и продолжаются работы под руководством профессоров Ю.М.Парамоновым [5.56] и Х.Б.Кордонским [5.57, 5.58]. В работах группы Ю.М.Парамонова записи магнитного самописца режима полета, записывающего в частности, перегрузку, массу топлива, углы отклонения закрылков и другие параметры, обрабатываются по определенным алгоритмам на наземной ЭВМ и переводятся в траекторию изменения изгибающего момента. Исследуются вероятностные характеристики соответствующего процесса и с помощью метода полных циклов и линейной теории суммирования усталостных повреждений рассчитывается накопленное усталостное повреждение, сравниваемое с усталостным повреждением при усталостных испытаниях крыла в

лаборатории. Это позволяет следить за отличием фактической усталостной наработки от наработки при типовом полете, воспроизведенном в лаборатории. По предварительным оценкам результатом этой работы явится увеличение срока жизни самолетов Ил-86 примерно на 10%. Работа проводилась в сотрудничестве с ЦАГИ, Гос НИИ ГА и КБ им. С.Б.Ильюшина. Группа под руководством профессора Х.Б.Кордонского исходила из нескольких других предпосылок, основанных на создании счетчиков ресурса. Эксплуатационные наработки машин исчисляются в ряде единиц. Например, наработка планера самолета исчисляется в числе полетов и в числе летных часов. Исчисление в летных часах отражает влияние нагружения при горизонтальном полете. Исчисление в числе полетов отражает влияние нагружения при взлетах-посадках. Использование нескольких исчислений наработок связано с необходимостью учета индивидуальных особенностей условий эксплуатации. В этой связи, начиная с семидесятых годов, в ряде стран ведутся энергичные работы по созданию счетчиков ресурсов. Счетчик ресурса предназначен для учета индивидуальных особенностей нагружения машины и коррекции на этой основе ее ресурса, частоты профилактического обслуживания и т.д. Позднее был предложен счетчик нагруженности (ресурса) оригинальной конструкции и была разработана его частная теория [5.57, 5.58]. Счетчик нашел применение на самолетах гражданской авиации. Однако здесь за частной проблемой стоят общие вопросы исчисления наработки системы. Оказалось, что проблемы построения счетчиков ресурсов, линейного суммирования повреждений, статистического анализа данных о разрушениях, обоснования выбора закона распределения долговечности в самом общем виде замыкаются на теорию исчисления наработки системы. Здесь содержится новая область исследований, так как выполненные работы создают лишь начальные подходы к этой новой и достаточно трудной проблеме. Так, теоретически и практически рижские авиационные ученые решали проблему повышения эксплуатационной прочности и надежности современных реактивных самолетов с целью обеспечения высокой степени их безопасности полета. Результаты более поздних исследований, полученных Школой проф. Ю.М. Парамонова представлены в работах [5.59.....5...79]. К 80-м годам в РКИИГА по данным вопросам сформировалась научная Школа, руководимая проф. В.П. Павелко. О ее достижениях изложено в отдельной главе книги. Одним из ведущих ученых в данной области, создавшим к 80-м годам свою научную школу является Ю.М. Парамонов.



Юрий Парамонов

– профессор Института аэронавтики Рижского технического университета, хабилитированный доктор инженерных наук, Заслуженный деятель науки и техники ЛССР.

<http://www.russkije.lv>

Юрий Михайлович Парамонов родился 27.03.1938 в Ленинграде. После окончания средней школы с серебряной медалью в 1955 году поступил в Рижское Краснознаменное высшее инженерное военное училище (РКВИАВУ), которое в 1960 году с отличием закончил по специальности инженер-механик. Училище в этом же году было реорганизовано в Институт гражданского воздушного флота (позднее – РКИИГА, РАУ), в котором Ю.Парамонов начал работать инженером кафедры «Конструкции и прочности летательных аппаратов», закончил аспирантуру и в 1965 году защитил кандидатскую диссертацию. В это время при институте был создан Вычислительный центр (вскоре преобразованный в НИИ автоматизированных систем Гражданской Авиации), куда в 1965 году перешел работать Ю.Парамонов руководителем отдела, а с 1973 года – заместителем директора по науке. В 1974 году в Латвийской академии наук защитил диссертацию доктора технических наук и был избран заведующим кафедрой «Конструкции и прочности летательных аппаратов» РКИИГА, читал курсы «конструкция и прочность летательных аппаратов» для инженеров и «Теория вероятностей и математическая статистика» для аспирантов. Работая в РКИИГА, Ю. Парамонов активно вел научную деятельность. Только некоторые направления исследований: проектирование автоматизированных систем, обработка данных магнитного самописца режимов работы воздушного судна в полете (для ОКБ им. Ильюшина); планирование периодичности осмотров критических силовых элементов планера (для ОКБ им. С. В. Ильюшина, ОКБ им. А.С.Яковleva); разработка программ усталостных испытаний хвостовой балки вертолета (для ОКБ им. М.Ю.Миля). После ликвидации РАУ с 1999 года Ю.Парамонов работает профессором в Институте аэронавтики Рижского технического университета (до 2012 года – Авиационный институт РГУ), с 2003 года – руководитель профессорской группы института. Он автор свыше 250 научных публикаций, в том числе 9 монографий, член многих экспертных организаций и редколлегий журналов, участник международных конференций. Создал научную школу в области повышения безопасности полетов летательных аппаратов путем повышения прочности и надежности в процессе их эксплуатации; под его руководством 14 соискателей и аспирантов успешно защитили диссертации которые живут и работают в Латвии, России, Германии, Америке, Ливане и др. странах. Ю.Парамонов – эксперт в области транспорта и связи Латвийского совета по науке, был членом Сената РГУ (1999 – 2003), член совета по защите докторских диссертаций (с 2000 года). Ю.Парамонов – Заслуженный деятель науки Латвийской ССР (1983); Международный биографический центр Великобритании назвал Ю.Парамонова Человеком года (1997/1998) и наградил золотой медалью за достижения в науке и технике (2010); награжден орденом Знак почета (1971) и медалями За доблестный труд (1970) и Ветеран труда. (1985).

Библиографический список литературы к главе 5.

- 5.1.Калинин Н.Г. К вопросу о совместном изгибе балок, соединенных упругими связями. // НТС, вып. 3. Рига: РКВИАВУ, 1951. с.3-27.
- 5.2.Калинин Н.Г. Растижение и изгиб панели сосредоточенными силами// НТС, вып. 3. Рига: РКВИАВУ, 1951. с. 37-52.
- 5.3.Афанасьев А.М.Калинин Н.Г., Марынин В.А. Основы строительной механики. М.: Оборонгиз,1951. 524 с.
- 5.4.Миртов К.Д. Ползучесть трубы при неравномерном нагреве //НТС, вып. 3. Рига: РКВИАВУ, 1951.
- 5.5.Миртов К.Д. О расчете вероятности разрушения и срока службы машин и сооружений. //НТС, вып. 13 Рига: РКВИАВУ, 1953. С. 20-29.
- 5.6.Миртов К.Д. Энергетический метод расчета вероятности разрушения и срока службы авиационных конструкций. //НТС, вып. 21. Рига: РКВИАВУ, 1955. С. 83-95.

- 5.7.Сегал Я.С. Изучение циклической прочности методом одновременного наблюдения за изменением прогиба образца и развитием усталостных трещин. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1968. Вып. 122. С. 169-174.
- 5.8.Сегал Я.С. Исследование закономерностей развития усталостных трещин методом регистрации прогиба образца. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1969. Вып. 140. С. 8-15.
- 5.9.Вахитов Р.М. Экспериментальное исследование влияния формы цикла нагружения на долговечность образцов. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1967. Вып. 104.
- 5.10.Якобсон И.В., Миртов К.Д., Нестеренко Г.И. Экспериментальный подбор индикатора усталостных повреждений крыла транспортного самолета. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1969. Вып. 120. С. 63-75.
- 5.11.Якобсон И.В., Миртов К.Д., Нестеренко Г.И., Скрипка М.Л. Исследование влияния коэффициента концентрации и уровня напряжений на рассеяние характеристик долговечности образцов из дуралюмина D16T. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1969. Вып. 120. С. 53-62.
- 5.12.А.с. (СССР) № 018816. Способ определения усталостной долговечности конструкций. Авторы: Белайчук А.К., Миртов К.Д., Нестеренко Г.И., Рифтин С.Г., Слепечец Е.Н., Якобсон И.В., 1982.
- 5.13.Мухо В.С. Электрическая модель консольной балки при статическом нагружении. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1966. Вып. 104.
- 5.14.Макеев В.Я., Мухо В.С. Электрическая модель изгибо-крутильных колебаний крыла самолета. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1968. Вып. 122. С. 111-121.
- 5.15.Павелко Т.В. Электрическая модель упругого самолета. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1971. Вып. 196. С. 19-23.
- 5.16.Павелко Т.В. Электрическое моделирование аэродинамических воздействий на упругое крыло. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1971. Вып. 196. С. 7-13.
- 5.17.Павелко Т.В. К вопросу об электрическом моделировании динамики полета самолета в турбулентной атмосфере. // Труды РКИИ ГА , Рига, 1971. Вып. 19. С. 14-18.
- 5.18.Павелко Т.В. О влиянии упругости конструкции на накопление усталостных повреждений. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1971. Вып. 196. С. 24-26.
- 5.19.Николаев А.П. Электрическое моделирование шасси самолета. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1971. Вып. 196. С. 48-52.
- 5.20.Засецин Н.Г. Применение редукционного метода для расчета колебаний незакрепленных систем. //Прочность, надежность и долговечность авиационных конструкций: Межвуз. сб. науч. тр. /КИИ ГА, Киев, 1973. С. 95-100.
- 5.21.Миртов К.Д., Сакач Р.В. Влияние структуры конструкции на работу ее элементов в период развития трещин. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1968. Вып. 122. С. 76-94.
- 5.22.Григорьев Г.А., Миртов К.Д., Петухов В.Г., Скрипка М.Л. Исследование влияния предварительной наработки и уровня доламывания на остаточную долговечность эквивалентных образцов. //Прочность, надежность и долговечность авиационных конструкций: Межвуз. сб. науч. тр. /КИИ ГА, Киев, 1973. С. 9-13.
- 5.24.Григорьев Г.А., Миртов К.Д. Оценка остаточной усталостной долговечности силового элемента конструкции планера с эксплуатационной наработкой по кривым повреждения. //Вопросы эксплуатационной долговечности и живучести конструкций летательных аппаратов : Межвуз. сб. науч. тр. /КИИ ГА, Киев, 1982. С. 12-18.
- 5.25.Павелко В.П. Рост трещины с учетом истории пластического деформирования. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1969. Вып. 140. С. 37-43.
- 5.26.Павелко В.П., Савинаев И.А. Способ задержки роста усталостной трещины в обшивке. //Труды ГосНИИ ГА, М., 1973. Вып. 90. С. 100-104.
- А.с. № 456003 (СССР). Способ задержки роста усталостных трещин в листовом материале. Авторы:
- 5.27.Павелко В.П., Савинаев И.А.
- 5.28.Павелко В.П. О повышении эффективности усталостных испытаний листовых образцов с концентраторами напряжений. /Заводская лаборатория, 1981. Т. 47. № 10. С. 69-71.
- 5.29.Павелко В.П. О распределении усилий в заклепочном соединении стрингера переменного поперечного сечения с листом. //Известия ВУЗ Авиационная техника. 1975. № 4. С. 148-149.

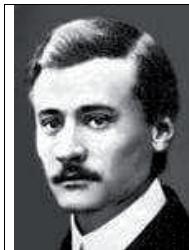
- 5.30.Павелко В.П. О распределении усилий в заклепочном соединении оканчивающегося стрингера с листом. //Прочность, надежность и долговечность авиационных конструкций: Межвуз. сб. науч. тр. /КИИ ГА, Киев, 1973. С. 28-33.
- 5.31.Павелко В.П. О распределении усилий в заклепочном соединении стрингера и пластиинки. //Прикладная механика. 1982. Т. 18. № 4. С. 128-131.
- 5.32.Павелко В.П. О подкреплении пластиинки с вырезом приклепанной листовой накладной. //Расчетные и экспериментальные методы оценки эксплуатационной прочности конструкций летательных аппаратов: Межвуз. сб. науч. тр. /МИИ ГА. М., 1981. С. 90-96.
- 5.33.Жданович Н.Н., Левин А.С., Павелко В.П., Якобсон И.В. Локальная напряженность и усталостная долговечность листа с отверстием //Труды ГосНИИ ГА, М., 1981. Вып. 203.э С. 74-80.
- 5.34.Жданович Н.Н., Каравеев К.З.. Левин А.С.. Павелко В.П., Якобсон И.В. Влияние размещения крепежных точек на локальную напряженность и усталостную долговечность обшивки с подкрепленным квадратным вырезом. /Труды ГосНИИ ГА, М., 1983. Вып. 219. С. 66-71.
- 5.35.А.с. № 646111 (СССР). Способ заклепочного соединения деталей. Авторы: Жданович Н.Н., Павелко В.П.
- 5.36.Павелко В.П. О расчетной оценке характеристик выносливости и живучести. //Динамика, выносливость и надежность авиаконструкций и систем: Межвуз. сб. науч. тр. /МИИ ГА, М., 1979. Вып. 3. С. 50-57.
- 5.37.Павелко В.П. Основы прикладной теории усталостного разрушения заклепочных соединений. //Динамика, выносливость и надежность авиационных конструкций и систем: Межвуз. сб. науч. тр. /МИИ ГА, М., 1980. Вып. 4. С. 14-24.
- 5.38.Козенец В.В., Павелко В.П. исследование и анализ усталостной долговечности заклепочных соединений. //Расчетные и экспериментальные методы оценки эксплуатационной прочности конструкций летательных аппаратов: Межвуз. сб. науч. тр. /МИИ ГА. М., 1981. С. 3-8.
- 5.39.Жданович Н.Н., Козенец В.В., Павелко В.П. Обобщение экспериментальных результатов по выносливости заклепочных соединений. //Динамика, выносливость и надежность авиационных конструкций и систем: Межвуз. сб. науч. тр. /МИИ ГА, М., 1980. С. 24-33.
- 5.40.Павелко В.П. Некоторые вопросы обобщения данных по росту усталостных трещин в авиаконструкциях. //Динамика и механика поврежденных конструкций: Межвуз. сб. науч. тр. /МИИ ГА. М., 1982. С. 44-47.
- 5.41.Павелко В.П. О возможности обобщения данных по эксплуатационным разрушениям на основе учета напряженного состояния. //Техэксплуатация летательных аппаратов и авиационных двигателей: Межвуз. сб. науч. тр. /РКИИ ГА, Рига, 1981. С. 31-36.
- 5.42.Кордонский Х.Б. Вероятностная модель образования логарифмически-нормального закона распределения. //Труды РКИИ ГА, Рига, 1961. Вып. 5.
- 5.43.Кордонский Х.Б. То же. //Труды 4-го Всесоюзного математического съезда. М.: Наука, 1961. Т. 2. С. 357-365.
- 5.44.Кордонский Х.Б. Приложение теории вероятности в инженерном деле. М.: Физматгиз, 1963.
- Кордонский Х.Б. Методы ускоренных усталостных испытаний. /Заводская лаборатория. М., 1967. № 3. С. 321-330.
- 5.45.Кордонский Х.Б. Об использовании обратного нормального распределения при оценке усталостной долговечности. /Заводская лаборатория. М., 1976. № 7. С. 829-847.
- 5.46.Кордонский Х.Б. Мартынов Ю.А., Корсаков Б.Е. Основа статистического анализа данных о неисправностях и отказах авиационной техники. Рига: РКИИ ГА, 1974.
- 5.47.Парамонов Ю.М. Использование методов математической статистики для оценки и обеспечения надежности ЛА. Рига: РКИИ ГА, 1975.
- 5.48.Парамонов Ю.М. Надежность, живучесть и ресурс конструкции летательных аппаратов. Рига: РКИИ ГА, 1980.
- 5.49.Методические указания. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний. Планирование механических испытаний. Планирование механических

- испытаний и статистическая обработка результатов. М.: Стандарт, 1982.
- 5.50.Законы распределения оценок и доверительные интервалы для параметров при составных форсированных испытаниях. /Заводская лаборатория. № 1, 1975.
- 5.51.Муссонов Г.П. Планирование длительности предварительного нагружения для линейных индикаторов, оценка индивидуального назначенного ресурса. //Совершенствование методов технической эксплуатации ЛА: Межвуз. сб. науч. тр. /РКИИ ГА, Рига, 1983.
- 5.52.Муссонов Г.П., Парамонов Ю.М. Определение границ гарантированного прогноза. //Экономика и математические методы. М., 1983.
- 5.53.Григорьев Ю.П. Исследование повреждаемости и разрушения металлов при программном нагружении. //Док. Дис. РВВАИУ им. Я. Алксниса, Рига. 1970.
- 5.54.Владимиров Н.И. и др. Эксплуатационная надежность и режимы технического обслуживания самолетов. М.: Транспорт, 1974.
- 5.55.Красников Л.Ф. Наземная вычислительная техника как современное средство обеспечения безопасности полета. //Сб. Итоги науки и техники. Сер. Воздушный транспорт, ВНИТИ АН СССР. М., 1982. Т. 10.
- 5.56.Люмкис В.Д., Парамонов Ю.М. и др. Анализ нагруженности и расчет расхода ресурса конструкции планера самолета Ил-86 в условиях эксплуатации по информации, регистрируемой магнитным самописцем режимов полета. // 3-я Всесоюзная конференция по безопасности полетов. Тезисы докладов. Л.: ОЛАГА, 1982.
- 5.57.А.с. № 456188 (СССР), 1974. Способ определения накопления усталостного повреждения конструкции. Кордонский Х.Б., Лоцманов Г.С., Нейфельд В.А.
- 5.58.А.с. № 504134 (СССР), 1976. Устройство для определения накопления усталостных повреждений конструкции. Кордонский Х.Б., Лоцманов Г.С., Нейфельд В.А.
- 5.59.Парамонов Ю.М. Методы математической статистики в задачах, связанных с оценкой и обеспечением усталостной долговечности авиационных конструкций. – Рига: РКИИ ГА, 1992. –248с.
- 5.60.Парамонов Ю.М. Определение назначенного ресурса для конечной совокупности изделий в эксплуатации с использованием теории р-границ для случайных величин //Автоматика и вычислительная техника. – 1993. - № 4, -с. 3-8.
- 5.61. Paramonov Yu.M. the p-bounds for random variable and its application to the problem of the safe life assignation //VI intern. Vilnius conf. On prob. theory and math. Statistics. Abstracts. –Vilnius, 1994. – pp.77-78.
- 5.62 .Paramonov Yu.M., Goltyapin S.A., Kimlik N.M. Minimax solution for periodic inspection of aircraft structures //Intern. conf. 'Mechanics 94'. Proceedings. Transp. section. – Vilnius, 1994. – pp. 81-87.
- 5.63. Paramonov Yu.M. The p-bounds application for safe life and fatigue test time definitions //Transaction of RAU Mechanical Department. – Riga: RAU, 1995. –Nr. 1, - pp. 3-9.
- 5.64.Парамонов Ю.М. Расчет вероятности обнаружения усталостной трещины при использовании модели Эрриса //Ученые записки механ. факультета РАУ. – Рига: РАУ, 1995. -№ 1, -с. 35-38.
- 5.65.Парамонов Ю.М., Клейнхоф М.А. Упротопластическая модель накопления усталостных повреждений в волокнистых композитных материалах //Ученые записки механ. факультета РАУ. – Рига: РАУ, 1995. -№ 1, -с. 38-44.
- 5.66.Парамонов Ю.М., Альомар И. Параметры процесса развития усталостных трещин в натурных авиационных конструкциях //Ученые записки механ. факультета РАУ. – Рига: РАУ, 1996. -№ 2, - с. 87-92.
- 5.67. Bharati R., Paramonov Yu.M. Aircraft Fatigue. History and current trends //Transactions of RAU Mechanical Deprtmn. – Riga: RAU, 1996. – Nr. 2, -pp. 1-15.
- 5.68. Paramonov Yu.M., Bharati R. Airframe Reliability //International conference "AVIATION-96". Vilnius: VGTU, 1996. –pp. 76-78.
- 5.69 .Paramonov Yu.M., Bharati R. Airfram4e Structural Significant Items Inspection Interval Planning //International Symposium of Young Researchers, "Ecology, Aviation, Technosphere-Lookihg into the Third Millennium". –Riga: RAU, 1996. –pp. 210-214.
- 5.70.Bharati R., Paramonov Yu.M., Alomar J. Parameters of th4e Fatigue Crack Growth process in Full-Scale Fatigue Test of Airframe //International Symposium of Young Researchers, "Ecology, Aviation, Technosphere-

- Looking into the Third Millennium". –Riga: RAU, 1996. –pp. 215-220.
- 5.71. Bharati R., Paramonov Yu.M. Minimax Solution Stability Investigation in the Problem of Airframe Fatigue Cracks Inspection Planning //Conference "TRANSPORT MEANS-97". –Kaunas: KTU, 1997. –pp. 220-225.
- 5.72 .Bharati R., Paramonov Yu.M. Mathematical Foundation of Airframe Safe Life Definition and Fatigue Crack Inspection Program Development //6th. Conference «Transport Reliability Problem». –Warsaw: Informator, 1997. –Nr.2, -pp. 97-105.
- 5.73.Парамонов Ю.М.. Бхарати Р. Модели математической статистики в задачах определения назначенного ресурса и планирования осмотров силовых элементов планера самолета. //Тезисы докладов 2-й международной НТК «инженерно-физические проблемы авиационной и космической техники» – Москва-Егорьевск: ЕАТК ГА, 1997. –с. 92-93.
- 5.74.Парамонов Ю.М., Бхарати Р. Математические основы планирования назначенного ресурса и осмотров планера самолета //Материалы международной НПК «Обеспечение безопасности полетов в новых экономических условиях». – Киев: КМУГА, 1997.
- 5.75. Paramonov Yu.M., Bharati R. Airframe Safe Life Definition and Fatigue Crack Inspection Program Development. //Transactions of RAU Mechanical Department. –Riga: RAU, 1997. –Nr. 3, - pp. 3-9.
- 5.76. Paramonov Yu.M., Bharati R. Automated System for Airframe Structural Significant Item Inspection Program Development. First phase //Transactions of RAU Mechanical Department. –Riga: RAU, 1997. – Nr. 3, -pp. 10-23.
- 5.77. Garg V., Paramonov Y.M. Statistical Characteristics of Fatigue Crack Growth Process in Aluminum Specimens Under Helikopter Loards Spectrum //Transactions of RAU Mechanical Department. – Riga, 1997. – Nr. 3, - pp. 24-26.
- 5.78. Paramonov Yu.M., Abramov V.I., Glagovsky A.A. Airframe Insspection Program Development by the Use of Automated System //Abstracts of 5th International Conference AIRCRAFT AND HELIKOPTERS DIAGNOSTICS "AIRDIAG-97". –Warsaw, 1997. –pp. 19-20
- 5.79. Paramonov Yu.M., Abramov V.I., Glagovsky A.A. Airframe Inspection Program Development by the Use of Automated System //5th International Conference AIRCRAFT AND HELIKOPTERS DIAGNOSTICS "AIRDIAG –97". –Warsaw, 1997. – pp. 99-108.

Г л а в а 6. Исследования в области авиационных турбореактивных двигателей и жаропрочных материалов

Еще в 1920 г. выпускник Рижского политехнического института инженер Ф. А. Цандер, работавший в 10-х годах в Риге вместе с Т. Калепом и другими первыми авиационными энтузиастами Латышского края, продолжал свои исследования по ракетным двигателям в Москве.



Фридрих Цандер

учёный и изобретатель, один из пионеров ракетной техники и создателей первой советской ракеты на жидком топливе «ГИРД-Х».

Родился 11 (23) августа 1887 г. в Риге.

[ru.wikipedia.org/Цандер,_Фридрих_Артурович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Цандер,_Фридрих_Артурович)

Первые опытные ракетные двигатели Ф. А. Цандера ОР-1 и ОР-2, построенные и испытанные в начале 30-х годов в Москве, стали теми кирпичами научного фундамента, на котором в конце 40-х начале 50-х годов сложилось, стройное здание ракетно-космической техники СССР. В научных авиационных центрах Латвийской ССР, начиная с 50-х стали выполняться исследования, связанные с совершенствованием авиационных двигателей. В 1970 г. в Риге были проведены 1-е Чтения, посвященные научному наследию и разработке идей Ф. А. Цандера. Всего на четырех секциях 1-го чтения было рассмотрено более 40 докладов и сообщений. На чтениях работала секция «Теории и конструкции двигателей», где приняли участие рижские ученые, исследовавшие проблемы газовой динамики двигателей и их жаростойкости. 100-летию со дня рождения Ф. А. Цандера были посвящены 10-е Чтения, которые прошли в Риге в 1987 г. С докладами на заседании в честь этой даты выступил академик АН Латв.ССР Я. П. Страдынь и профессор РКИИГА, д.т.н. Р. И. Виноградов. На шести секциях 10-х Чтений было большое число докладов ученых Москвы, Ленинграда, Риги и других городов страны.

6.1. Разработка теории авиационных газотурбинных двигателей и экспериментальных методов исследования их эксплуатационных характеристик

Во второй половине 50-х и в начале 60-х годов в РКИИАВУ, а затем в РКИИГА, был выполнен большой цикл научных исследований по разработке теории быстро развивающихся перспективных двух- и многоократных турбореактивных двигателей различных типов и схем. Эти работы проводились в содружестве с ведущими авиадвигательными ОКБ МАП, а также ВВИА им. Н. Е. Жуковского, ЦИАМ им. Баранова, ЦАГИ. Работами по разработке теории

двухконтурных ВРД руководил А. Л. Клячкин. В 1961 году была защищена диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук А. Л. Клячкиным (кафедра теории авиационных двигателей РКВИАВУ), основное содержание которой было изложено в опубликованной им монографии [6.3]. В дальнейшем, уже после преобразования КВИАВУ в РКИИГА, руководству Министерства гражданской авиации как заказчику новой авиатехники понадобились исследования по прогнозированию комплексного развития авиационных двигателей, предназначенных для самолето - вертолетного парка ГА на период до 2000–2010 гг. Эти работы по заказу и с участием ГосНИИГА выполнялись в РКИИГА в течение 1974–1982 гг. [6.2]. В этих работах принимали участие: А. Л. Клячкин, Н. Д. Тихонов, А. В. Максай, М. П. Будзинаускас, Г. Д. Могилевский и др. [6.4, 6.5, 6.6]. В 80-х годах значительное внимание в перспективных исследованиях было уделено проблеме экономии топлива в парке магистральных самолетов путем замены малоэкономичных двигателей серийных самолетов на высокоэкономичные двигатели нового поколения или их опережающие модификации. Был выполнен ряд исследований по борьбе с шумом авиа двигателей. Разработка высокоеффективных боевых самолетов, а также экономичных и надежных магистральных самолетов гражданской авиации требовала создания соответствующей экспериментальной базы для исследования эксплуатационных характеристик серийных и перспективных авиа двигателей и их узлов. Эта задача в РКВИАВУ (а затем в РКИИГА) решалась под руководством А. Н. Дорохотова и при активном участии В. Б. Вологодского, К. В. Семенова-Чащина, Л. С. Дмитриева, Н. Д. Тихонова и др. Ими были разработаны экспериментальные методы исследования авиа двигателей и их элементов в специальных установках с использованием ТРД в качестве эксплуатера и исследуемых агрегатов (компрессоров, турбин, камер сгорания и т. д.) как составных элементов (узлов) этих установок. Такие методы создания экспериментальной базы и моделирования газодинамических процессов получили в последующем в авиационной технике широкое применение, так как дали возможность в короткие сроки надежно и с меньшими материальными затратами решить поставленные на исследование задачи. Этот цикл работ был осуществлен в 1958–1965 гг. и включал в себя исследование влияния больших высот полета (до 25 км) на работу турбореактивного двигателя (ТРД) в целом, а также его частей: компрессора, турбины, камеры сгорания. Особенно важным для обеспечения безопасности полета на больших высотах был также цикл исследований возможностей запуска ТРД на больших высотах, при различных скоростях полета. Результаты этих исследований были использованы в МАП, ВВС и МГА при создании новых авиа двигателей и разработке тактико-технических требований к ним. В дальнейшем в РКИИГА продолжалось интенсивное развитие экспериментальной базы для исследования эксплуатационных характеристик основных элементов ТРДД (компрессоров, вентиляторов, газовых турбин, камер

смешения). Были созданы сверхзвуковые аэродинамические трубы, позволявшие проводить исследования и компрессорных, и турбинных решеток профилей. Кроме того, была создана универсальная установка для исследования процессов смешения в ТРДД, на которой был выполнен цикл важных работ в связи с созданием перспективных двигателей. В этих работах приняли участие: Н. Д. Тихонов, Н. С. Коваленко, М. А. Френкель, А. Е. Коростелев, А. Я- Данцыг, А. И. Балмаков, Н. М. Петров и др. Создание современной на тот период экспериментальной базы позволило развить новое направление исследования - аэродинамику и аэроупругость турбомашин. Энтузиастом развития этого направления исследования явился профессор Н. Д. Тихонов. Последний принял активное участие в организации и проведении Всесоюзных конференций по аэроупругости турбомашин. Успешному развитию исследований в области авиационных двигателей и в становлении ведущей роли кафедры теории авиационных двигателей содействовали проводимые традиционные всесоюзные лектории на базе РКИИГА «Авиационная наука и техника — Гражданской авиации СССР в 9, 10 и 11 пятилетках» (в 1972, 1977 и 1982 гг.) с участием крупнейших ученых страны, Генеральных и Главных конструкторов авиационной техники, ведущих НИИ и ОКБ МАП.

6.2. Совершенствование реактивных авиационных двигателей путем изучения жаропрочных материалов

Развитие авиационной техники в направлении увеличения скоростей полета летательных аппаратов и энергетических показателей авиационных двигателей (АД) сопровождалось повышением тепловых и механических нагрузок на элементы АД, скоростей движения агрессивных газовых сред, их давления и других воздействующих эксплуатационных факторов. Ужесточение условий работы конструкционных материалов вызвало появление качественно новых видов разрушения таких, как ^{ко}ррозионно-эрэзионное, коррозионно-усталостное, воспламенение и горение КМ (эти два процесса названы единым термином

взгорание КМ), циклическая ползучесть и др. Проблема повышения жаростойкости конструкционных материалов, предназначенных для форсированных ГТД и ЖРД, стала привлекать поэтому пристальное внимание специалистов. Именно в этих двигателях создаются экстремальные условия работы, при которых КМ подвергаются качественно новому виду разрушения — взгоранию. Возможность же возникновения и протекания этого процесса обусловлены недостаточной жаростойкостью применяемых материалов. В этом направлении и шли, начиная с конца 50-х годов, исследования в Риге, выполненные в РКВИАВУ, а затем в РКИИГА школой профессора, доктора технических наук, Заслуженного деятеля науки и техники ЛССР Просвирина В. И.

<http://www.russkije.lv>. по совершенствованию авиационных ГТД методом изучения поведения КМ в условиях эксплуатации с целью разработки мер повышения их жаропрочности и жаростойкости. Под руководством профессора В. И. Просвирина проводил исследования В. Д. Мортиков, направленные на изучение закономерностей тонких фазовых изменений, строения, напряженного состояния и свойств жаропрочных сплавов. Исследования отличают насыщенность экспериментальным материалом и новизна полученных результатов. Ряд результатов получен впервые. Так, в работах [6.7, 6.8] было впервые показано горофильное и горофобное поведение отдельных компонентов в твердых растворах жаропрочных сплавов. Более глубокое изучение этого явления позволило впервые обнаружить способность твердых растворов жаропрочных сплавов к высокотемпературной гетерогенизации [6.9, 6.10, 6.11], вскрыть причины этого явления, а также установить закономерности с указанием границ опасности изменения прочности, пластичности и жаропрочности. В процессе изучения строения и свойств жаропрочных сплавов при перегревах было впервые обнаружено [6.11, 6.12], что при разовых перегревах и старении лопаток ротора на стационарных режимах работы ГТД а также при температурах возможного заброса резко снижается жаропрочность. В этих работах были определены границы незначительного понижения жаропрочности при перегревах, что позволило повысить надежность и безопасность полетов. При исследовании влияния эксплуатационной наработки и возможных перегревов на свойства лопаток роторов ГТД была впервые показана опасность перегрева еда начальный стадии выработки ресурса ГТД, вскрыт механизм и изменения в фазах жаропрочных сплавов. Разработаны новые методы исследования сплавов, в том числе метод изготовления шлифов, позволяющий выявить тонкое (блочное) строение зерен, линии сдвигов и дислокационную структуру. Аэрооточный метод позволил изучить влияние длительной эксплуатационной наработки на свойства лопаток ротора ГТД. Результаты этих работ были использованы при назначении ресурса ГТД, установленных на самолетах Аэрофлота [б.1, 6.14, б.15]. Г.Лоцманов в РО ГОСНИИГА выполнил исследования по нанесению на поверхность лопаток защитных покрытий методом химико-термической обработки (ХТО) с применением энерговыделяющих паст [6.1]. В основе способа, который осуществляется без применения электронагревательного оборудования, лежало использование активных термитных составов, обеспечивающих разогрев деталей и одновременное насыщение поверхностного слоя сплава легирующими элементами. Способ ХТО энерговыделяющими Составами (пастами) популяризовался на экранах СССР в союзном киножурнале «Наука и техника». Работы Тясиной А. Н. вписывались в общую проблему, решаемую школой профессора Просвирина В. И., и были посвящены исследованию влияния термоциклических воздействий и разовых

перегревов на прочностные свойства и структуру лопаточных сплавов ВЖЛ-8, ВЖЛ-12, ВЖЛ-12у, ЖС6-К, ЖС6-КП, ЖС6-У, а также установлению закономерных связей между структурой служебными свойствами сплавов. Исследования содержат существенные теоретические и практические научные результаты по металловедению и термической обработке литых жаропрочных сплавов: Полученные результаты исследования направлены на определение возможности проведения высокотемпературных нагревов жаропрочных литых сплавов при выполнении технологических операций и на определение степени опасности термоциклических воздействий для оценки работоспособности материала лопаток. Результаты работ внедрены на машиностроительных заводах, использованы для установления эталона допустимых структур, образующихся при кратковременных воздействиях повышенных температур, что обеспечивает объективную оценку состояния деталей после перегрева и исключает отбраковку деталей, годных; к дальнейшей эксплуатации. Это позволяло повысить долговечность конструкционных материалов при эксплуатации ГТД и разработать мероприятия по повышению качества выпускаемой продукции, что вместе взятое являлось важной и актуальной задачей авиационного двигателестроения.

6.3. Результаты исследования процессов разрушения жаропрочных материалов в экстремальных условиях нагружения и меры защиты их от разрушения

Для воспроизведения указанных выше процессов коллективом под руководством профессора, доктора технических наук Л. Я. Несговорова был создан экспериментальный комплекс, который позволял исследовать КМ в широком диапазоне механических нагрузок (вплоть до разрушения), температур (вплоть до температур плавления КМ), давлений агрессивной газовой среды (до 2-10 Па), скоростей движения агрессивной среды (до $M = 4$), скоростей нагружения и нагрева. В качестве агрессивной среды использовались газообразный кислород и воздух. Новизна установок комплекса подтверждена рядом авторских свидетельств на изобретения [6.17, 6.18, 6.19]. Этим же коллективом выполнены исследования процессов коррозионно-эрзационного разрушения и возгорания в воздушном высокоскоростном потоке. Для исследования были выбраны жаростойкие и жаропрочные сплавы ВЖ-98 и ЭП-99 на никелевой основе, многокомпонентный сплав с преобладанием железа ВЖ-100 и железо-Армко для сравнения.

Библиографический список литературы к главе 6.

- 6.1. Богданов А. П., Виноградов Р. И. Сверхзвуковые крылатые летательные аппараты. М.: Воениздат, 1960. 320 с.
- 6.2. Тихонов Н. Д. и др. Прогнозы развития и сравнительный анализ технико-экономической эффективности газотурбинных двигателей перспективных магистральных самолетов гражданской авиации. //Теоретические проблемы двигателестроения: Сб. науч. тр. /М., 1983.
- 6.3. Клячкин А. Л. Теория воздушно реактивных двигателей. М: Транспорт, 1969.
- 6.4. Тихонов Н. Д. и др. Теория двигателей летательных аппаратов гражданской авиации (часть I, Лопаточные машины). М.: Машиностроение, 1983.
- 6.5. Клячкин А. Л. Эксплуатационные характеристики двухконтурных турбореактивных двигателей. М.: Транспорт, 1978.
- 6.6. Тихонов Н. Д., Копелев С. З. Расчет турбин авиационных двигателей. М.: Машгипостроение, 1974.
- 6.7. Просвирин В. И., Мортиков В. Л. Расслоение твердых растворов жаропрочных сплавов при высоких температурах. //Структурный фактор в вопросах прочности жаропрочных сплавов: Сб. Всесоюзного совещания /Рига. 1958. С. 38–53
- 6.8. Просвирин В. И., Мортиков В. Д. Высокотемпературное состояние ненасыщенных твердых растворов. //Изв. АН СССР, ОТН, Металлургия и топливо. 1959. N 2. С. 13–19.
- 6.9. Просвирин В. И., Мортников В. Д. Строение сложного твердого раствора после высокотемпературного нагрева. 1/Изв. АН Латв. ССР. 1961, N 2 (163). 64 с.
- 6.10. Просвирин В. И., Мортников В. Д. Изменение свойств сплава ЭИ617 при длительном высокотемпературном нагреве. //Исследование стали и сплавов. Сб. тр. /М.: Наука, 1964. 159 с.
- 6.1д. Просвирин В. И., Мортников В. Д. Влияние рабочих температур на свойства сплава ЭИ437. //Исследование стали и сплавов: Сб. тр. /М.: Наука, 1964.
- 6.12. Просвирин В. И., Мортников В. Д., Горюнов С. А. Некоторые особенности поведения жаропрочных сплавов при циклически меняющихся температурах. //Структура и свойства жаропрочных металлических материалов: Сб. науч. тр. /М.: Наука, 1967. 172 с.
- 6.13. Мортников В. Д., Просвирин В. И. Определение сопротивления пластической деформации на приборе ПМТ-3 при постоянной величине отпечатка. //Заводская лаборатория. 1959. N 8. 999 с.
- 6.14. Просвирин В. И., Мортников В. Д. Послойный химический анализ микро зерен аустенитной стали. //Заводская лаборатория. 1963. № 9.
- 6.15. Титов Ф. М., Мортников В. Д., Девиченский Н. П. Способ травления металлографических шлифов сплавов на никельхромовой основе в бром-метаналоном реагенте. //Заводская лаборатория. 1976. M~9. 1104c.
- 6.16. Мортников В. Д., Просвирин В. И. Изменение свойств жаропрочных сплавов при разовых перегревах. //Строение и свойства металлических сплавов: Межвуз. сб. науч. тр. /РКИИГА. Рига, 1969. Вып. 136. С. 53–72.
- 6.17. А. С. № 188104, СССР, 1966. Способ исследования высокотемпературных процессов разрушения конструкционных материалов. Несговоров Л. Я.
- 6.18. А. С. № 277353, СССР, 1970. Способ исследования характеристик материалов. Несговоров Л. Я.
- 6.19. А. С. № 362222, СССР, 1973. Устройство для исследования материалов в условиях воздействия механической нагрузки и нагрева в окислительной газовой среде. Несговоров Л. Я., Прозоров Ю. А. и др.
- 6.20. Просвирин В. И., Несговоров Л. Я. Коррозионное разрушение нагретого железа в потоке холодного воздуха больших скоростей. //Доклады АН СССР. 1961. Т. 138. № 3. С. 628–630.
- 6.21. Просвирин В. И., Несговоров Л. Я. Влияние воздушного потока больших скоростей на разрушение нагретого железа. //Изв. АН СССР, ОТН, Металлургия и топливо. 1961. № 2. С. 122–131.
- 6.22. Несговоров Л. Я., Просвирин В. И. Разрушение нагретых ме таллов и сплавов в воздушном потоке сверхзвуковых скоростей. //Инженерно-физический журнал. 1963. Т. 6. № 2. С. 44–51.

- 6.23. Несговоров Л. Я. Металлографическое исследование процессов горения железа в воздушном потоке, //Изв. АН СССР, Металлы. 1965. Л 1. С. 141-147.
- 6.24. Несговоров Л. Я. К вопросу определения некоторых характеристик горения металлов и сплавов в воздушном потоке. //Изв. АН Латв. ССР: Серия физических и технических наук. 1964. № 6. С. 55-64.
- 6.25. Несговоров Л. Я. Разрушение конструкционных материалов при высокотемпературном окислении в газовом потоке. //Изв. АН Латв. ССР: Серия физических и технических наук. 1964. № 4. С. 71-78.
- 6.26. Несговоров Л. Я. О некоторых особенностях горения компактных металлических материалов. //Изв. АН Латв. ССР: Серия физических и технических наук. 1967. № 1. С. 65-69.
- 6.27. Несговоров Л. Я., П р о з о р о в Ю. А., Холин В. Г. Экспериментальное определение температур возгорания компактных металлических материалов в среде газообразного кислорода. //Изв. АН Латв. ССР: Серия физических и технических наук. 1968. № 1. С. 70-74.
- 6.28. Несговоров Л. Я. и др. О влиянии скорости окислительной среды на возгорание жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов. //Изв. АН Латв. ССР: Серия физических и технических наук. 1970. № 1. С. 95-101.
- 6.29. Несговоров Л. Я., Прозоров Ю. А. О связи температуры возгорания конструкционных металлических материалов с их механическими свойствами. //Физико-химическая механика материалов. 1972. № 2. С. 107-108.
- 6.30. Лоцманов Г. С., Просвирин В. И. Химико-термическая обработка энерговыделяющими пастами. Рига: РКИИГА, 1968.
- 6.31. А. С. № 171876, СССР. Метод химико-термической обработки с применением энерговыделяющих паст. Лоцманов Г. С., Просвирин В. И.
- 6.33. Титов Ф. М. и др. Влияние наработки на физико-механические характеристики рабочих лопаток турбин ГТД. //Вопросы надежности, долговечности и восстановления авиационной техники: Межвуз, сб. науч. тр. //РКИИГА. Рига, 1975. Вып. 2. С. 21-27.
- 6.34. Титов Ф. М. и др. Влияние наработки на усталостную прочность рабочих лопаток осевых компрессоров авиационных ГТД. //Труды РКИИГА. Рига, 1972. Вып. 234.
- 6.35. Титов Ф. М. и др. Исследование характеристик внутреннего рассеяния энергии колебаний лопаток осевых компрессоров с различной наработкой. //Труды РКИИГА. Рига, 1972. Вып. 202. С. 28-33.
- 6.36. А. С. № 567996, СССР. Способ испытания лопаток турбин. Ермолин Г. П., 1977.

Г л а в а 7. Исследования в сфере эксплуатационной прочности и живучести авиационных конструкций

Интенсивное развитие Гражданской авиации, внедрение в эксплуатацию новых типов воздушных судов, возрастание требований к надежности конструкции и систем в сочетании с требованиями высокой экономической эффективности эксплуатации привело к появлению принципиально новых подходов в решении научно-технических задач совершенствования авиационной техники, методов и средств контроля ее технического состояния. К началу 80-х годов на кафедре технической механики окончательно оформилось перспективное научное направление по вопросам прочности, сопротивления усталости и живучести авиационных конструкций, методов исследования нагрузок и напряжений в условиях эксплуатации. В основе решения традиционных проблем прочности – сочетание современных методов анализа напряженно-деформированного состояния силовых элементов и их соединений с экспериментальными исследованиями в лабораторных условиях, при стендовых испытаниях натурных конструкций и в летном эксперименте. В 80-ые годы профессором В.П.Павелко с сотрудниками и учениками Н.Н.Ждановичем, В.В.Козенцом, А.А.Кондратьевым, А.А.Поповым, В.В.Бахотским, Филяком П.Ю., О.С.Поповым, М.М.Фонаревым, В.И.Жигуном выполнен ряд актуальных исследований по проблемам усталости легких сплавов и конструкционных элементов из них.. Значительный теоретический и практический интерес представляет большая экспериментальная работа по исследованию закономерностей усталостного разрушения листовых образцов из алюминиевого сплава с множественными однотипными концентраторами напряжений. Исследовано влияние масштабного фактора (размера отверстий) на характеристики сопротивления усталости. Отдельный интерес представляет организация и методика проведения испытаний. Листовые образцы с 4-мя или 8-мью периодически расположенными круговыми отверстиями испытывались до появления видимых усталостных трещин. После появления трещины блокировались созданием зоны интенсивной пластической деформации. Это позволяло существенно ограничить объем и продолжительность [7.1...7.6] эксперимента. Разработана оригинальная методика обработки результатов, заключающаяся в построении по экспериментальным данным нижней ветви эмпирической функции распределения усталостной долговечности и определения статистических оценок ее параметров из условия наилучшей аппроксимации теоретическим логарифмически-нормальным законом распределения. Большой интерес представляют результаты исследований напряженно-деформированного состояния и характеристик прочности и усталостной долговечности, полученных

на основе так называемого метода реперных точек, разработанного В.П.Павелко и В.В. Бахотским [7.2]. Координаты точек, нанесенных на деформируемую поверхность алмазной призмой фиксировались с помощью инструментального микроскопа до и после нагружения. По результатам этих измерений определялась остаточная деформация, а с использованием известной теоремы об упругой разгрузке и соответствующих упругих решений восстанавливалось напряженно-деформированное состояние детали при максимальной нагрузке. Установлены закономерности накопления остаточных деформаций в процессе регулярного нагружения и исследована их связь с усталостной долговечностью до зарождения трещины в окрестности концентраторов типовых для авиаконструкций. Экспериментально установлены закономерности связи скорости роста усталостных трещин с остаточными деформациями, а с привлечением методов теории пластичности и механики разрушения разработана теоретическая модель, описывающая эту связь[7.3,7.4,7.6]. Логическим продолжением этих разработок стали исследования по анализу связи так называемой утяжки материала у края излома со скоростью роста усталостных трещин. Известно, что у многих конструкционных материалов, в частности у алюминиевых сплавов, в процессе развития усталостной трещины у боковой поверхности образуется полоса с разрушением материала по механизму сдвиговой деформации. Образуется местное резкое изменение профиля сечения детали или образца, называемое утяжкой. Установлено, что в сплаве Д16Т, начиная со скорости порядка 10^{-4} мм/цикл, существует тесная корреляционная связь между утяжкой и скоростью роста трещины [7.7]. Это позволило предложить способ восстановления истории развития трещины по изучению характера излома у его края. Продолжались интенсивные исследования по совершенствованию прикладной теории усталостного разрушения заклепочных соединений. Основное внимание при этом уделялось накоплению экспериментальной информации по усталости заклепочных соединений, исследованию физических причин влияния радиального натяга на долговечность соединений, вопросам практического применения теории для расчета усталостной долговечности соединений в авиаконструкциях [7.9...7.15]. Были выполнены уникальные экспериментальные работы по исследованию усталостной долговечности типовых участков тонкостенных авиационных конструкций с заклепочным соединением элементов (подкрепленные вырезы, соединения со стрингерами переменной по длине жесткости, подкрепляющие накладки и т.п.). По итогам теоретического анализа или на основании данных тензометрии определялось распределение усилий между заклепками, отыскивались критические крепежные точки и проводился расчет ожидаемой усталостной долговечности с полученной экспериментально. Показано, что как по месту зарождения разрушений, так и по долговечности расчет хорошо согласуется

с данными испытаний. В этот период наметилось широкое сотрудничество с ведущими учеными отдела прочности и ресурса Государственного научно-исследовательского института Гражданской авиации (ГосНИИ ГА) И.В. Якобсоном, А.С. Левиным, К.З. Караевым и другими[7.11,7.12]. В этот же период был предложен метод упрочнения заклепочных соединений местным направленным пластическим деформированием и дано экспериментальное обоснование возможности увеличения усталостного ресурса соединений в 3 … 4 раза. Разработан также способ выполнения потайных заклепочных соединений с двухэтапным последовательным процессом формования закладной и замыкающей головок. Способ исключительно прост в реализации и предполагает использование обычных заклепок. В конце 80-ых и начале 90-ых годов проведены также исследования влияния местного изгиба в заклепочных соединениях на их усталостную долговечность, предложены новые подходы к вопросу об учете радиального натяга , что явилось заметным вкладом в развитие прикладной теории усталостного разрушения заклепочных соединений [7.13]. В этот же период в лаборатории технической механики проводились программные стендовые испытания на усталость хвостовой и концевой балок вертолета Ми-8 совместно с ГосНИИ ГА и Московским вертолетным заводом имени М.Е.Миля. Для обоснования программы повторно-статического и динамического нагружения был спланирован и проведен специальный летно-прочностной эксперимент с тензометрированием критических зон хвостовой и концевой балок вертолета на всех 14-ти основных режимах полета. Для реализации программы испытаний в лаборатории технической механики создан испытательный стенд с системой гидравлического силовозбуждения и автоматической реализации программы нагружения. Результаты испытаний неоднократно использовались при продлении назначенного ресурса вертолета. В этот же период выполнена теоретическая работа по учету динамических свойств конструкции при обобщении экспериментальных данных по усталости хвостовой и концевой балок вертолета Ми-8. В середине 80-ых годов в лаборатории технической механики проведен цикл исследований по усталостной прочности и герметичности топливных кессон-баков крыла самолетов Ту-134, Ту-154 и др. [7.16…7.20]. Особое внимание было уделено вопросу исследования причин течи топлива по отдельным болтам и заклепкам и разработке оперативного способа ее устранения. Проведены специальные исследования на усталость и герметичность, а совместно с сотрудниками Минского ремонтного завода А.А.Игумновым и В.С.Сенютой был предложен и реализован эффективный способ оперативного устранения течи топливных кессон-баков по отдельным болтам и заклепкам [7.19]. В основе этого способа – создание местного упруго-пластического натяга путем дробеструйной обработки зоны вокруг закладной головки заклепки. Разработанное портативное устройство и

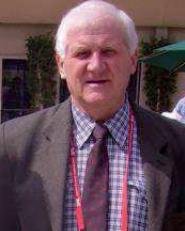
технология создания наклепа нашли широкое применение в практике эксплуатационных и ремонтных предприятий гражданской авиации. В этот же период проведен большой комплекс работ по развитию теории и практической реализации метода индикации усталостных трещин [7.21..7.23]. Основная цель метода – получение характеристик сопротивления росту усталостных трещин в силовых элементах авиационных конструкций в условиях эксплуатации. Для достижения этой цели к исследуемому элементу конструкции прикрепляется специальное устройство – индикатор усталостных трещин (ИРТ), чувствительный элемент которого воспринимает нагрузку, пропорциональную нагрузке на данный элемент. Предварительно в чувствительном элементе ИРТ создается усталостная трещина, которая под действием эксплуатационных механических нагрузок растет по тому же закону, что и в исследуемом элементе конструкции. При этом на скорости роста отражается влияние всех сопутствующих эксплуатационных факторов: температура, давление, агрессивное влияние среды. Обобщая данные экспериментальных наблюдений на ИРТ, можно получить характеристику сопротивления росту усталостных трещин в исследуемом элементе конструкции. Проведен большой комплекс исследований, связанных с решением многочисленных научных и методических проблем. Совместно с Киевским механическим заводом имени О.К.Антонова организован и проведен летный эксперимент на самолетах Ан-24 и Ан-26 по изучению характеристик сопротивления трещинообразованию материала нижней силовой панели крыла. В этом уникальном в авиационной практике эксперименте получены многочисленные данные о закономерностях роста трещины и влиянии многих эксплуатационных факторов. Прирост трещины в каждом полете определялся по результатам изучения фрактограмм излома чувствительного элемента ИРТ. Материалы исследований нашли прямое применение при обосновании характеристик безопасной повреждаемости конструкции крыла самолетов Ан-24 и Ан-26. В работах Павелко В.П. [7.24,7.27] развита также прямо примыкающая к идеи индикации плодотворная идея обобщения информации о развитии трещин при сложной структуре процесса нагружения. Данные о росте усталостной трещины или данные дефектации аппроксимируются зависимостью, являющейся решением модифицированного уравнения Пэриса с определением параметров по методу наименьших квадратов. Эти параметры являются характеристиками трещиностойкости конструкции в рассматриваемых условиях эксплуатации или испытаний. Совместно с В.С.Гнатенко и С.Ф.Федотовым эта идея прошла проверку на многочисленных экспериментальных данных, полученных при программных испытаниях элементов конструкции самолетов Ту-134 вертолетов Ми-8 и Ка-26, а также на уникальных данных, полученных по результатам дефектации крыла самолета Ан-12 [7.26]. Совместно с сотрудниками ГосНИИ ГА

и его Рижского филиала В.Г.Смыковым, В.Ю.Колобановым, В.М.Григорьевым проведены исследования влияния двухосного напряженного состояния на закономерности роста усталостных трещин. В ходе этих исследований разработан способ создания двухосного напряженного состояния в лабораторном эксперименте и устройство для его реализации[7.28]. Профессором В.П.Павелко вместе с аспирантом Амером Тома выполнены теоретические и экспериментальные исследования по проблеме влияния продольного градиента напряжений на скорость роста усталостных трещин в листовом материале[7.29]. Показано, что этот фактор в обычных для авиационных конструкций ситуациях сравнительно мало сказывается на скорости роста трещины, но при необходимости может быть надлежащим способом учтен. На основании анализа динамических характеристик упругой конструкции рассмотрен вопрос о получении эквивалентов ее усталостного повреждения по данным об усталостных разрушениях при испытаниях [7.30,7.31]. Предложенный способ позволил получить обобщенные оценки усталостной долговечности конструкции хвостовой и концевой балок вертолета Ми-8 по результатам стендовых испытаний. В этот же период начались работы по исследованию механических свойств композитов. Большой интерес вызвала статья [7.32] по концентрации напряжений в пространственно армированных композитах. Был предложен также оригинальный способ определения межслойной прочности композитов. В сотрудничестве с сотрудниками кафедры конструкции и прочности авиационных двигателей разработаны эффективные способы и выполнены исследования характеристик материалов и элементов конструкций методом акустической эмиссии [7.33,7.35]. Установлена связь интенсивности акустической эмиссии со скоростью роста усталостных трещин в материале Д16Т, разработаны теоретические модели связи процесса усталостного разрушения с характеристиками акустической эмиссии, предложен эффективный способ определения порогового коэффициента интенсивности напряжений. В тяжелые перестроочные 90-е годы существенно сократились возможности для научных исследований. Однако и в эти годы оставшиеся в латвии ученые продолжали свои работы в данном направлении. Правда, произошли некоторые изменения в тематике, характере научных связей, появились новые имена молодых перспективных ученых: В.В.Бужинский, Хаким Аль-Хурайби, И.М.Чернов, И.В.Павелко, Ю.М. Тимошенко, Амаду Кулибали .В этот же период в короткие сроки была выполнены стендовые испытания по исследованию живучести хвостовой и концевой балок вертолета Ми-8. Проведена большая предварительная исследовательская работа по формированию программы испытаний, подготовке и наладке испытательного оборудования и системы управления. В процессе испытаний в конструкцию вносились искусственные повреждения – надрезы, исследовались закономерности развития усталостных

трещин при повторно-статическом программном нагружении, периодически при заданных размерах повреждений прикладывались нормированные нагрузки для проверки остаточной прочности конструкции. Особенность этой работы состояла в том, что для ее успешного и творческого выполнения потребовалось использование всего накопленного ранее научного потенциала кафедры технической механики: прикладной теории усталостного разрушения заклепочных соединений, исследований закономерностей развития трещин в тонкостенных подкрепленных конструкциях, опыта проведения натурных стендовых испытаний авиационных конструкций. В 1992 году на основе разработанной ранее оригинальной программы метода конечных элементов проведены исследования по прочности мотодельтаплана, выполнен комплекс исследований и расчетов по проектированию и расчету на прочность и жесткость конструкции легкого спортивного самолета из композиционных материалов. Дальнейшее развитие получили идеи построения методов расчета сопротивления усталости тонкостенных элементов конструкций при наличии концентраторов напряжений. Решение задачи о градиенте нормальных напряжений в окрестности эллиптического отверстия в пластине [7.36] позволило построить двухпараметрический критерий усталостного разрушения образцов с надрезом с позиций общей теории подобия усталостного разрушения [7.37]. Новый этап в развитии исследований по торможению усталостных трещин конструктивно-технологическими методами знаменуют работы по расклиниванию трещины/38/. В этих исследованиях для анализа напряженно-деформированного состояния широко использован метод граничных элементов[7.39]. Продолжены также исследования по индикации роста усталостных трещин и обобщению данных о росте трещин при сложной периодической или случайной структуре процесса нагружения [7.40...7.45]. В статье [7.59] рассмотрена задача определения коэффициента интенсивности напряжений для окружной трещины в цилиндрической оболочке. Для получения решения установлена связь изменения частоты собственных колебаний с размерами трещины и соответствующие экспериментальные данные, полученные в ЦАГИ. Продолжены также исследования по влиянию двухосного напряженного состояния на скорость распространения усталостных трещин [7.72]. Продолжались интенсивные исследования по проблемам прикладной теории усталостного разрушения, ее приложениям и смежным вопросам [7.46 ...7.58]. Работа [7.46] знаменует начало нового этапа в теории расчета распределения усилий и напряжений в заклепочных соединениях и оценки их сопротивления усталости. На основе решения соответствующей плоской контактной задачи теории упругости дан анализ упругой податливости соединения и внесены поправки в расчетные алгоритмы. С использованием метода конечных элементов анализ податливости распространен

на случай появления усталостных трещин[7.47...7.50]. Учет влияния трещины на распределение усилий и напряженно-деформированного состояния позволил решить ряд практически значимых задач о прочности и живучести типовых участков авиационных конструкций с заклепочным соединением элементов[7.49,7.56...7.58]. В работах [7.54,7.55] дан исчерпывающий упругопластический анализ процесса образования технологических остаточных напряжение при клепке, что позволяет по-новому подойти к вопросу об учете влияния радиального натяга на сопротивление усталости соединений. Дано также решение задачи о предельно достижимой усталостной долговечности напряженных заклепочных соединений. Решались также смежные задачи: изгиб в заклепочных соединениях и его учет [7.51,7.52], повышение усталостного ресурса [7.53], основы оценки живучести заклепочных соединений [7.60]. Значительный удельный вес в исследованиях кафедры технической механики приобрели вопросы расчета стержневых систем. С единых методологических позиций механики разрушения и строительной механики проведено исследование всех основных аспектов теории тонкостенных стержней с трещинами: расчет деформаций и прочности стержней при простых видах нагружения, расчет плоских рам, расчет статически неопределеных плоских рам (шпангоутов, рамных нервюр) и неразрезных балок, устойчивость и продольно-поперечный изгиб стержней, свободные и вынужденные колебания [7.61...7.69]. Основой теории является идея эквивалентного упругого шарнира, который сообщает системе такие же дополнительные перемещения как и рассматриваемая трещина. Коэффициент податливости такого шарнира определяется на основе известной теоремы Максвелла о взаимности работ. С точки зрения целевой направленности сюда также примыкают исследования тонкостенных стержней с перфорированными стенками [7.70,7.71]. Конечная цель всех исследований по стержневым системам состояла в повышении эффективности расчетов сложных стержневых систем методом конечных элементов(МКЭ): разработка теории и алгоритмов определения матриц жесткости стержневых конечных элементов с трещинами или перфорацией стенок существенно упрощает применение МКЭ в практических расчетах. Опыт исследования прочности и живучести составных клепаных конструкций оказался полезным при исследовании проблемы концентрации усилий и развития разрушения в тонком слое волокнистого композита. Продолжали укрепляться связи с научными организациями Латвии, России, Украины, Белоруссии, Литвы. Появились и интенсивно развивались научные контакты с исследовательскими центрами в Польше, Германии и Великобритании. В частности, в 1997...99 годах проведены экспериментальные исследования по проблеме взвешивания самолета и автоматического определения его центровки перед взлетом. В настоящее время связи эти приобрели постоянный взаимовыгодный характер и работы в данной

сфере успешно продолжаются. Одим из ведущих ученых в данной области, создавшим в Латвии свою научную школу является Виталий Петрович Павелко.

	<p>Виталий Павелко профессор, хаб. д.инж.наук, Заслуженный деятель науки и техники ЛССР. www.rkiigarau.lv/преподаватели- мф-ркиига</p>
---	---

В. П. Павелко родился в 1941 году в знаменитом по произведениям Н.В. Гоголя местечке –Диканька Полтавской области. После окончания школы поступил в Полтавский строительный институт. С третьего курса этого института в 1960 году перешел во вновь организованный на базе Рижского военно-авиационного инженерного училища (РКВИАВУ) Институт инженеров гражданской авиации (РИИГВФ) на третий курс. После окончания института учился в аспирантуре (1965-1968) по кафедре Конструкции и прочности летательных аппаратов (<http://rkiigarau.blogspot.com>), параллельно учился на математическом факультете Латвийского университета, который успешно закончил в 1970 году. Кандидатскую диссертацию защитил в 1969 году. После окончания аспирантуры и до 1980 года работал на кафедре «Конструкции и прочности летательных аппаратов» на преподавательских должностях. Начиная с 1980 года и до 1999 года – заведующий кафедрой «Технической механики» РКИИ ГА-РАУ. В 1982 году защитил докторскую диссертацию в специализированном Совете Киевского института инженеров гражданской авиации, а в 1984 году ему присвоено ученое звание профессора, в 1986 году присвоено почетное звание Заслуженный деятель науки и техники ЛССР. С 1999 В. Павелко – профессор Рижского Технического университета (РТУ), руководитель группы прочности и усталостной долговечности летательных аппаратов. Основные научные интересы проф. Павелко определились еще в процессе обучения в аспирантуре: прочность и динамика авиационных конструкций. В кандидатской диссертации по проблеме эксплуатационной живучести авиационных конструкций была предложена оригинальная математическая модель роста усталостных трещин, базирующаяся на использовании фундаментальных закономерностей развития малоцикловой усталости и линейной механики разрушения. В последующий период основные усилия были направлены на совершенствование методов прогнозирования усталостной долговечности заклепочных и болтовых соединений авиационных конструкций, которые в 1982 году были обобщены в докторской диссертации по этой проблеме. Основным результатом этих исследований явилась разработка прикладной теории усталостного разрушения заклепочных соединений. Ключевым элементом теории является математическая модель изолированной крепежной точки соединения, описывающая напряженно-деформированное состояние в зависимости от номинальных нагрузок в зоне этого элемента и радиального натяга в соединении. Введенное понятие о локальной кривой усталости изолированной крепежной точки подтверждено собственными экспериментами и обобщением данных испытаний других исследователей, позволило разработать методику надежной оценки усталостной долговечности класса однотипных заклепочных соединений. Прямым практическим итогом этих исследований явилось создание в 1980 году автоматизированной системы оценки усталостной долговечности критических элементов авиационных конструкций по заказу Государственного научно-исследовательского института гражданской авиации (ГосНИИ ГА). В последующие годы продолжались и развивались интенсивные исследования в этой области в тесном сотрудничестве с исследовательскими и проектно-конструкторскими организациями. Следует выделить разработку метода оперативного устранения течи топливных баков воздушных судов по болтам и заклепкам локальным дробеструйным наклепом. Метод и устройство для его реализации были разработаны совместно с сотрудниками Минского авиаремонтного завода гражданской авиации и внедрены на этом заводе и в ряде эксплуатационных предприятий ГА. В лаборатории кафедры технической механики под руководством

проф. Павелко был создан стенд для полноразмерных статических и усталостных испытаний компонент конструкции воздушных судов. В частности, была реализована обширная программа испытаний для изучения усталостной долговечности и живучести хвостовой балки вертолета Ми-8 (совместно с ОКБ имени М.Е.Миля и Рижского филиала ГосНИИ ГА). Особый интерес представляет разработка метода индикации роста усталостных трещин в конструкции воздушных судов в процессе эксплуатации. Все исследования профессора В. Павелко проводились с широким привлечением талантливой молодежи. Под его руководством защищено около 30 кандидатских и докторских диссертаций, что позволяет говорить о его Научной школе.

Библиографический список литературы к главе 7.

- 7.1. Павелко В.П. О повышении эффективности усталостных испытаний листовых образцов с концентраторами напряжений. Заводская лаборатория , 1981 , том 47 , N 10 , с.69-71.
- 7.2. Бахотский В.В.,Павелко В.П. Об использовании метода реперных точек для исследования местных напряжений и деформаций у геометрических концентраторов напряжения в листовом материале.// Межвузовский сборник: Динамика и механика поврежденных конструкций. - М.:МИИ ГА,1982 г.,с.85-87.
- 7.3. Бахотский В.В.,Павелко В.П. Остаточные напряжения и деформации в зоне концентраторов напряжений и их связь с зарождением и развитием усталостных трещин // Тезисы докладов VIII Всесоюзной НТК по усталости металлов. Часть 2.- М.:Имет. АН СССР,1982 г.,с.125-128.
- 7.4. Бахотский В.В.,Павелко В.П. Остаточные деформации в зоне концентраторов напряжений при статическом и циклическом нагружении. -Проблемы прочности,1986, No 1
- 7.5. А.с. СССР № 1078227 Бахотский В.В., Павелко В.П. Приспособление для усталостных испытаний листовых образцов.
- 7.6. Бахотский В.В.,Павелко В.П. Определение скорости роста усталостной трещины по величине остаточной деформации в вершине трещины.// М.: Имаш АН СССР,1983 г.,
- 7.7. Павелко В.П., Попов О. С О связи скорости роста усталостных трещин с утяжкой материала у излома.- В сб.: Методы анализа статической и динамической прочности авиаконструкций. -Рига:РКИИГА,1984 г.,с.26-29.
- 7.8. А.с. СССР №.1837206.Павелко В.П., Попов О.С. Способ определения скорости роста усталостной трещины. 1992
- 7.9. Козенец В.Б., Павелко В.П. Исследование и анализ усталостной долговечности заклепочных соединений. -Межвузовский сборник: Расчетные и экспериментальные методы оценки эксплуатационной прочности летательных аппаратов.- М.: МИИ ГА,1981 г.,с.3-8.
- 7.10. Павелко В.П. О распределении усилий в заклепочном соединении стрингера и пластиинки.// Прикладная механика , 1982 , т.XVIII , №4 ,с.129...131.
- 7.11. Жданович Н.Н,Караев К.З.,Левин А.С.,Павелко В.П.,Якобсон И.В. Влияние размещения крепежных точек на локальную напряженность и усталостную долговечность обшивки с подкрепленным квадратным вырезом.//Труды ГосНИИ ГА,выпуск 219.-М.:ГосНИИ ГА,1983 г., с.66-71.
- 7.12. Жданович Н.Н.,Караев К.З.,Козенец В.Б.,Павелко В.П.,Якобсон И.В. Оценка усталостной долговечности заклепочных соединений.// Авиационная промышленность,1983,№ 3,с.17..20
- 7.13. Павелко В.П.,Фонарев М.М. Об учете влияния радиального натяга в расчетах усталостной долговечности заклепочных соединений.- В кн.:Актуальные задачи прочности конструкций // Рига:РКИИГА, 1989,с.39-41

- 7.14. Жданович Н.Н,Павелко В.П. О повышении выносливости заклепочных соединений локальным наклепом. //Авиационная промышленность,1980 г., №3,с.
- 7.15. А.с. СССР No 1250378 Павелко В.П., Филяк П.Ю. Способ клепки.
- 7.16. Игумнов А.А.,Козенец В.В.Павелко В.П.,Сенюта В.С.,Филяк П.Ю.
- О восстановлении герметичности топливных кессон-баков.// Межвузовский сборник: Совершенствование методов технической эксплуатации летательных аппаратов. // Рига:РКИИ ГА,1980 г.,с.112-116.
- 7.17. Игумнов А.А.,Козенец В.В.,Павелко В.П., Сенюта В.С.,Филяк П.Ю. Экспериментальное исследование прочности и герметичности заклепочных соединений авиаконструкций// В сб.:Вопросы усталости и живучести авиационных конструкций.-М.:МИИГА,1984 г.,с.66-70.
- 7.18. Бахотский В.В.,Игумнов А.А.,Павелко В.П. Об условиях сохранения восстановленной наклепом герметичности топливных кессон-баков по болтам и заклепкам.-В сб.: Оценка технического состояния и диагностирование планера и систем воздушных судов ГА.-Киев:КИИГА,1984 г.,с.26-29.
- 7.19. А.с. СССР No 1148227 Игумнов А.А.,Павелко В.П., Сенюта В.С., Филяк П.Ю. Способ ремонта панелей с заклепочным швом.
- 7.20. Игумнов А.А., Козенец В.В.,Орлов К.Я.,Павелко В.П., Сенюта В.С.,Филяк П.Ю.Исследование свойств герметичных заклепочных соединений, отремонтированных местным наклепом.-В сб.: Совершенствование методов технической эксплуатации ЛА.-Рига:РКИИГА,1984 г.,с.57-61.
- 7.21. Кондратьев А.А., Павелко В.П. О методе изучения характеристик роста усталостных трещин в авиаконструкциях при эксплуатационном нагружении.-В сб.: Совершенствование методов технической эксплуатации л.а. -Рига:РКИИГА,1984 г.,с.57-61.
- 7.22.Кондратьев А.А.,Павелко В.П. Основы метода изучения сопротивления росту усталостных трещин в условиях эксплуатации.//В сб.: Совершенствование методов технической эксплуатации л.а.-Рига:РКИИГА,1985 г.,с.73-77.
- 7.23. А.с.СССР No 1290412 Кондратьев А.А.,Павелко В.П.Способ определения усталостной долговечности конструкции.
- 7.24. Павелко В.П. О возможности обобщения данных по эксплуатационным разрушениям на основе учета напряженного состояния. // Межвузовский сборник: Техническая эксплуатация летательных аппаратов и авиационных двигателей.// Рига:РКИИ ГА,1981 г.,с.31-36.
- 7.25. Павелко В.П. Обобщение и использование данных об усталостных дефектах. - Межвузовский сборник: Вопросы совершенствования методов технического обслуживания и обеспечения безопасности полетов. -Рига: РКИИ ГА,1982 , с.109-113.
- 7.26. Гнатенко В.С.,Павелко В.П. Об оценке сопротивления усталости конструкции крыла по данным эксплуатации.- В кн.:Актуальные задачи прочности конструкций,- Рига:РКИИГА, 1989 с.10-14
- 7.27. Павелко В.П. О росте трещин при переменных нагрузках сложной структуры.- В сб.: Вопросы эксплуатационной долговечности и живучести л.а.-Киев:КИИГА,1982 г.,с.26-28.
- 7.28.А.с.СССР No 1552054. Гигорьев В.М., Колобанов В.Ю.,Кондратьев А.А., Павелко В.П., Смыков В.Г. Устройство для испытания образца при двухосном нагружении.
- 7.29. Амер Тома, Павелко В.П. О влиянии продольного градиента напряжений на скорость усталостных трещин.-В сб.: Методы анализа статической и динамической прочности авиаконструкций.-Рига:РКИИГА,1988 г.,с.41-47.

- 7.30. Павелко В.П., Попов А.А. Об эквивалентности усталостного повреждения при ресурсных испытаниях вертолета и в условиях эксплуатации.-В сб.:Методы анализа статической и динамической прочности авиаконструкций.-Рига:РКИИГА,1988 г.,с.57-61.
- 7.31. Павелко В.П.,Попов А.А. К вопросу об адекватности стендового нагружения хвостовой балки вертолета условиям реальной эксплуатации. В.кн.:Совершенствование методов технической эксплуатации летательных аппаратов, Рига: РКИИГА, 1989, с.50-52.
- 7.32. Жигун В.И., Павелко В.П.Влияние концентрации напряжений на несущую способность пространственно армированных пластиков.- Механика композитных материалов, 1989,№ 4 -с.635-640.
- 7.33. А.с.СССР № 968735 Банов М.Д.,Коняев Е.А.,Павелко В.П., Урбах А.И. Способ контроля деталей на наличие микротрещин.
- 7.34. Банов М.Д.,Коняев Е.А.,Павелко В.П. Применение метода акустической эмиссии для исследования усталостного повреждения тонколистового материяла Д16Т.// Проблемы прочности, № 8,1981 г.,с.15-18.
- 7.35..А.с.СССР № 1254377 Банов М.Д.,Григорьев В.М.,Кондра тьев А.А.,Коняев Е.А.,Павелко В.П.,Урбах А.И. Способ определения порогового значения коэффициента интенсивности напряжений конструкционных материалов.
- 7.36. Павелко В.П. Градиент максимальных напряжений для пластиинки с эллиптическим отверстием / В сб.: Проблемы эксплуатационной прочности авиаконструкций.-Рига:РАУ,1992,с.3...5
- 7.37. Бужинский В.В., Павелко В.П. О расчете кривой усталости с использованием критерииов подобия усталостного разрушения // В сб.: Проблемы эксплуатационной прочности авиаконструкций. -Рига,РАУ, 1992,с.8...11
- 7.38. Альхурайби А.М., Павелко В.П. О торможении усталостной трещины расклиниванием. //В сб.: Проблемы эксплуатационной прочности авиаконструкций.-Рига,РАУ,1992,с.11...15
- 7.39. Альхурайби А.М., Павелко В.П. Применение метода граничных элементов для анализа расклинивания трещин // В сб.: Проблемы эксплуатационной прочности авиаконструкций.-Рига,РАУ,1992,с.15...18
- 7.40.Кондратьев А.А., В.П.Павелко. Индикация усталостных трещин в авиационных конструкциях: Сборник трудов Международной НТК " Экология, авиация, техносфера - взгляд в третье тысячелетие". Рига: РАУ,1997 г., с.205 - 207.
- 7.41. Павелко В.П. Оценка скорости роста трещин в конструкции при эксплуатационном нагружении // В сб.: Проблемы эксплуатационной прочности авиаконструкций.-Рига,РАУ,1992,с.29...35
- 7.42. V.Pavelko. The Fatigue Cracks Indication in Aviation Construction: 5th International Conference "Aircraft and Helicopters' Diagnostics" Abstracts. - Warsaw: Polish Society of Mechanical Engineers and Technicians, Aviation Section.,1997., p.28 - 29.
- 7.43. V.Pavelko. The Fatigue Cracks Indication in Aviation Construction: 5th International Conference "Aircraft and Helicopters' Diagnostics" - Warsaw: Polish Society of Mechanical Engineers and Technicians, Aviation Section.,1998., p.211 - 214.
- 7.44. I.Pavelko, V.Pavelko. The Fatigue Cracks Research Method in Aviation Frames in Operation Conditions: III konferencja «Metody i technika badan statkow powietrznych w locie», Mragowo-98, 14-16 X 1998. - Warszawa:. Instytut techniczny wojsk lotniczych,1998., p.289 - 292.

- 7.45. Гнатенко В.С.,Павелко В.П. Оценка параметров роста усталостных трещин по данным о многоочаговых повреждениях /В сб.: Проблемы эксплуатационной прочности авиаконструкций.-Рига:РАУ,1992,с.29...35
- 7.46. Павелко В.П. Об учете податливости крепежа в расчетах срезных соединений // В сб.: Эксплуатационная прочность и надежность авиационных конструкций. -Москва: МГТУ ГА,1996.-с.38...43
- 7.47.Павелко В.П., Чернов И. Об учете влияния трещины в расчетах заклепочных и болтовых соединений // В сб.: Эксплуатационная прочность и надежность авиационных конструкций. - Москва: МГТУ ГА,1996
- 7.48. . Pavelko V.,Chernov I. The account (record-keeping) influence of crack in bolted and riveted joints calculation ./ Transactions of Riga Aviation University Mechanical Departament,Nr.2,Riga: RAU,1996, pp.16...21
- 7.49. Павелко В.П., Чернов И. Анализ усилий в заклепочном соединении листа со стрингером переменного сечения при наличии трещины//Ученые записки механического факультета РАУ,№.2,Рига:РАУ, 1996,с.74...77
- 7.50. Pavelko V.,Chernov I. About account (record-keeping) influence of crack in bolted and riveted joints calculation:Konferencijos pranešimų medžiaga "Transporto priemones-96",Kaunas:Technologija,1996
- 7.51. Павелко В.П., Фонарев М.М. Об оценке напряжений местного изгиба в соединении листов // В сб.: Проблемы эксплуатационной прочности авиаконструкций.-Рига:РАУ,1992,с.24...29
- 7.52. Павелко В.П.,Фонарев М.М. Учет местного изгиба в заклепочных соединениях // В сб.:Проблемы.53. Павелко В.П., эксплуатационной прочности авиаконст рукций.-Рига:РАУ,1992,с.39...43
7. 53 Филяя П.Ю. Способ получения высокоресурсного герметичного заклепочного соединения // В сб.: Проблемы эксплуатационной прочности авиаконструкций.-Рига:РАУ,1992,с.105...109
- 7.54. Павелко В.П. Оценка технологических остаточных напряжений в заклепочных соединениях/Ученые записки механического факультета РАУ,№.2, Рига:РАУ, 1996,с.78...81
- 7.55. Павелко В.П. Об учете влияния радиального натяга на усталостную долговечность болтовых и заклепочных соединений // В сб.: Проблемы эксплуатационной прочности авиаконструкций.-Рига:РАУ,1992,с.19...24
- 7.56. V.Pavelko, A.Kulibali. The Problem of Increasing Efficiency in Technical Monitoring System of Rivet Connections in Aircraft Constructions: 5th International Conference "Aircraft and Helicopters' Diagnostics" Abstracts. - Warsaw: Polish Society of Mechanical Engineers and Technicians, Aviation Section., 1997., p.31.
- 7.57. V.Pavelko, A.Kulibali. The Problem of Increasing Efficiency in Technical Monitoring System of Rivet Connections in Aircraft Constructions: 5th International Conference "Aircraft and Helicopters' Diagnostics". - Warsaw: Polish Society of Mechanical Engineers and Technicians, Aviation Section., 1997., p.223-225.
- 7.58. V.Pavelko, A.Kulibali. The analysis of strength distribution at rivet connection aperture of which have crack. - "Tarptautines konferencijos pranesimus medziaga Transporto priemones - 98". Kaunas: Technologija,1998.,p.265 – 268.
- 7.59. Павелко В.П. Коэффициент интенсивности напряжений для окружной трещины в цилиндрической оболочке //Ученые записки механического факультета РАУ,№.2,Рига:РАУ, 1996,с.74...77

- 7.60. В.П.Павелко, И.М.Чернов. Теоретические основы оценки живучести заклепочных соединений: Сборник трудов Международной НТК "Экология, авиация, техносфера - взгляд в третье тысячелетие". Рига: РАУ, 1997 г., с.207 - 209.
- 7.61. I.Pavelko, V.Pavelko. The valuation of stiffness of rods with cracks. Warszawa : Informator inst.tech.wojsk lot.,1997.,p.105 - 110.
- 7.62. I.Pavelko, V.Pavelko. The valuation of stiffness of rods with cracks. - "Tarptautines konferencijos pranesimus medziaga Transporto priemones - 97". Kaunas: Technologija,1997.,p.237 - 241.
- 7.63. I.Pavelko, V.Pavelko. The Euler problem for rod with crack: В сб.науч.тр. Ученые записки механического факультета РАУ,вып.3. Рига, РАУ, 1997 г., с.27...29.
- 7.64. В.П.Павелко, И.В. Павелко, В.З.Шестаков. Характеристики жесткости стержневого конечного элемента с трещиной. // Материалы международной научно-технической конференции Современные проблемы машиноведения. – Гомель: ГПИ, 1998, т.1, с. 118...119.
- 7.65. I. Pavelko. The account of frames with cracks. // Ученые записки механического факультета РАУ,вып.3. Рига, РАУ, 1997 г., с.30...33.
- 7.66. I. Pavelko. The account of the round frame with crack. // Ученые записки механического факультета РАУ,вып.3. Рига, РАУ, 1997 г., с.34...36.
- 7.67. И.В. Павелко, В.З.Шестаков. О расчете статически неопределеных балок с а с трещинами. // Ученые записки механического факультета РАУ,вып.3. Рига, РАУ, 1997 г., с.37...39.
- 7.68. В.П.Павелко, И.В. Павелко, В.З.Шестаков. Характеристики жесткости стержневого конечного элемента с трещиной. // Материалы международной научно-технической конференции Современные проблемы машиноведения. – Гомель: ГПИ, 1998, т.1, с. 118...119.
- 7.69. I.Pavelko, V.Pavelko. Lower limit of the critical force for the comprressed road with crack. - "Tarptautines konferencijos pranesimus medziaga Transporto priemones - 98". Kaunas: Technologija,1998.,p.261 – 264.
- 7.70. Павелко В.П., Ю.Тимошенко. К оценке жесткости тонкостенных стержней с перфорированными стенками: В сб.науч.тр. Ученые записки механического факультета РАУ, вып.3. Рига, РАУ. 1997 г.,с.40...43.
- 7.71. В.П.Павелко, Ю.Тимошенко. Исследование жесткости тонкостенного стержневого конечного элемента с вырезами. // Материалы международной научно-технической конференции Современные проблемы машиноведения. – Гомель: ГПИ, 1998, т.1, с. 120...121.
- 7.72. Н.Н.Жданович, В.П.Павелко. Исследование роста усталостных трещин при двухосном напряженном состоянии. // Материалы международной научно-технической конференции Современные проблемы машиноведения. – Гомель: ГПИ, 1998, т.1, с. 117...118.
- 7.73. Павелко В.П., Клейнхоф М.А. О концентрации усилий в тонком слое волокнистого композита// Материалы V международной научно-технической конференции « Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века»// Сборник научных трудов : Прогрессивные технологии и системы машиностроения. Том 3. – Донецк: ДонГТУ, Вып.6,1998,с.382...384.

Г л а в а 8. Специализированные навигационные тренажеры и моделирование навигационных комплексов самолетов ГА.

Основой системы навигационного обеспечения полетов, в значительной степени, определяющей их безопасность в навигационном плане, является навигационный эргатический комплекс (НЭК), включающий в себя экипаж (навигатора) и технические средства навигации. Основная характеристика этого комплекса – целевая эффективность, характеризуется вероятностью формирования безопасной пространственно-временной траектории полета и определяется вероятностью безотказной работы комплекса, вероятностью того, что при условии безотказной работы, погрешности систем комплекса и действующие на него возмущения (помехи) позволят решить задачу формирования безопасной траектории с заданной точностью, а также вероятностью того, что при перечисленных условиях у подготовленного навигатора не возникнет дефицита времени и его психофизиологическое состояние позволит ему выполнить возложенную на него задачу. Отсюда следует, что целевая эффективность НЭК, а значит и навигационная безопасность полета зависят от:

- технических характеристик НЭК, закладываемых при его разработке, испытаниях и сертификации;
- профессиональной подготовки специалистов по техническому обслуживанию комплекса;
- профессиональной подготовки и тренированности экипажа.

Подготовка высококвалифицированных навигаторов – операторов современных НЭК, немыслима без применения специализированных навигационных тренажеров, так же, как и процесс разработки, испытаний и сертификации этих комплексов, немыслим без создания и применения специализированных исследовательских стендов полунатурного моделирования. Все это подчеркивает актуальность работ, проводимых на протяжении более чем тридцати лет в РКИИГА (РАУ) и связанных с: созданием специализированных навигационных тренажеров (СНТ); созданием стендов полунатурного моделирования навигационных комплексов (СПН-НК); совершенствованием методов и средств профессиональной подготовки инженерно-технического состава, эксплуатирующего навигационные комплексы воздушных судов. Первый опыт по моделированию навигационных систем относится к 1955-57 годам, когда на кафедре радиотехнических средств самолетовождения тогда еще инженерно-авиационного военного училища под руководством А.Г. Флерова был разработан и успешно испытан образец простейшего тренажера систем навигации и бомбометания "РЫМ" и "ЛОТОС" - "Гранит". В 1957 году совместно с одним из ОКБ на базе этого образца был разработан опытный образец тренажера "Гранит-2Д", промышленное производство которого было начато в 1959 году. В течении

многих лет этот тренажер успешно применялся в войсковых частях ВВС. Основные технические решения, использованные в этом тренажере, защищены авторскими свидетельствами, выданными сотрудникам кафедры А.Г.Флерову, В.В.Никитину, О.И. Дементьеву. После реорганизации РКВИВУ в 1960 году исследования в области создания навигационных тренажеров были возобновлены лишь в 1967 году. В этом году, с целью обеспечения учебного процесса по курсу “Радионавигационные системы воздушных судов ГА”, создается тренажер (впоследствии получивший название НТ-68), обеспечивающий имитацию работы автоматического радиокомпаса АРК-11, радиотехнической системы ближней навигации РСБН-2с, навигационной автономной системы НАС-1 в процессе горизонтального полета в зоне с размерами 200x200 км. Руководитель разработки А.Г.Флеров, исполнители А.Д.Трояновский, В.П.Тонких, Л.П.Кирьяков. В 1968году тренажер демонстрируется на выставке учебных заведений ГА (г.Москва) и привлекает внимание летных учебных заведений, а также специалистов эксплуатационных подразделений ГА. РКИИГА совместно с опытно-экспериментальным заводом ОЭЗ-20ГА (г.Киев) получает заказ на разработку специализированного штурманского тренажера СШТ-70, опытный образец которого вскоре был разработан (руководитель разработки А.Г.Флеров, ответственный исполнитель А.Д.Трояновский, исполнители И.К.Федоров, Г.А.Ляпидевский, Н.Ф.Коврижкин, Н.В.Горшков, В.И.Загородный, В.У.Михайлов, В.И.Ронк и др.) и успешно прошел испытания в июне 1970 года, а в сентябре этого же года внедрен в учебный процесс штурманского факультета ВАУГА (г.Ленинград). Ряд оригинальных научно-технических решений, использованных в СШТ-70, защищены авторскими свидетельствами. Авторство закреплено за сотрудниками кафедры А.Г.Флеровым, А.Д.Трояновским, Г.А.Ляпидевским, И.К.Федоровым, В.У.Михайловым. Серийное производство СШТ-70 было освоено ОЭЗ-20 ГА (г.Киев) в 1972 году. Объем выпуска СШТ-70 составил более 80 экземпляров. СШТ-70 нашел самое широкое применение, как при первоначальном обучении, так и для тренировок летного состава ГА. В 1972-78 г.г. этим тренажером были оснащены все летные учебные заведения ГА и многие производственные предприятия ГА. География распространения СШТ-70 – от Ленинграда до Ташкента и от Риги до Владивостока и Петропавловска-Камчатского. В 1973 году СШТ-70 удостоен серебряной медали ВДНХ СССР. На тренажер выданы два свидетельства на промышленный образец. Серебряными медалями ВДНХ удостоены А.Г.Флеров, А.Д.Трояновский, бронзовыми – Г.А.Ляпидевский, Н.Ф.Коврижкин, И.К.Федоров, В.У.Михайлов. В 1971 году за РКИИГА, в качестве одного из главных направлений научных исследований, закрепляется направление “Специализированные навигационные тренажеры и моделирование навигационных комплексов”. До 1982 год научное руководство

направлением осуществлялось профессором А.Г.Флеровым. В 1971 году начаты первые исследования по созданию навигационных тренажеров на базе цифровой вычислительной техники. В 1972 году утверждены тактико-технические требования на унифицированный специализированный навигационный тренажер, явившиеся результатом выполненной НИР (отв. испол. А.Д.Трояновский). В феврале 1974 года успешно завершены испытания экспериментального образца УСНТ-73 отвечающего этим требованиям и реализованными на базе управляющей цифровой вычислительной машины “Днепр 1”. Программное обеспечение этого тренажера написано молодым сотрудником кафедры Б.Я.Цилькером. Дальнейшим развитием этого тренажера явилось создание в 1975 году первого отечественного образца многокабинного (2 пульта ТУ-134А и 1 пульт Ил-62) навигационного тренажера УСНТ-75 “Днепр”. Его экспериментальный образец в 1975-80г.г. интенсивно использовался не только в учебном процессе и научных разработках института, но и для тренировок летного состава Латвийского управления ГА (ЛаУГА), в том числе и для тренировок полетам по новым трассам и чартерным маршрутам над территориями стран Восточной Европы. Общий тренировочный налет штурманов ЛаУГА на этом тренажере оставил более 2000 часов. Такая опытная эксплуатация тренажера подтвердила его высокие на то время характеристики и полное соответствие современным требованиям к техническим средствам навигационной подготовки летного состава гражданской авиации. Постановлением правительственный Комиссии принимается решение о разработке и серийном выпуске подобных тренажеров. Учитывая опыт и заслуги РКИИГА в создании унифицированных навигационных тренажеров новому тренажеру присваивается шифр УСНТ “Двина” и начато его серийное производство в производственном объединении “Электроавтомат” (г.Пенза). Все основные работы творческого плана, включая разработку программно-математического обеспечения, принципов построения имитаторов навигационных систем, общей структуры тренажера, организации пульта инструктора и т.д. выполнены РКИИГА. Основными исполнителями работ по созданию УСНТ “Двина” со стороны РКИИГА были: профессор А.Г.Флеров – научный руководитель, доцент А.Д.Трояновский – ответственный исполнитель, Б.Я.Цилькер – разработчик программного обеспечения, инженеры В.И.Загородний, В.У.Михайлов, Е.М.Петров. Ими же получены авторские свидетельства на ряд оригинальных решений, нашедших применение в УСНТ “Двина”. Тренажер был признан соответствующими лучшим зарубежным образцам. Объем серийного производства четырех модификаций УСНТ “Двина” составил более 30 комплектов. Тренажерами оснащены летные учебные заведения и территориальные управления ГА бывшего СССР. Наряду с исследованиями и опытно-конструкторскими работами по созданию СНТ важное значение его создателями уделяется разработке

методов применения этих тренажеров. В 1979 году утверждается “Методика применения УСНТ для подготовки летного состава”, разработанная в сотрудничестве с летно-штурманским отделом ЛаУГА. Авторы методики Г.В.Кудрявцев – главный штурман ЛаУГА, Г.А.Ляпидевский и А.Д. Трояновский. Также в сотрудничестве с ЛаУГА в 1980 году разработана система автоматизированной предполетной штурманской подготовки. Авторы разработки Б.Я.Цилькер, Г.В.Кудрявцев. Опытная эксплуатация системы осуществлялась в а/п Рига с участием сотрудников института М.А.Френкеля, А.Лишинскиса. Система нашла применение и в ряде других управлений ГА страны. В период с 1978-1985 годов в ОНИЛ кафедры проводятся исследования по созданию программно-аппаратного комплекса имитаторов и стимуляторов навигационных систем для стенда полунатурного моделирования навигационных комплексов (СПМ-НК), для целей испытаний, доводки, сертификации и сопровождения эксплуатации навигационно-пилотажных комплексов самолетов ГА. Разрабатываются тактико-технические требования на имитаторы-стимуляторы навигационных систем, исследуются принципы построения и структурные схемы этих имитаторов, создаются экспериментальные образцы стимуляторов, разрабатывается структура стенда, создается экспериментальный образец программно-аппаратного комплекса имитаторов основных радионавигационных систем. На базе этого комплекса и комплексного тренажера ТУ-154 был создан первый образец СПМ-НК для отработки и испытаний навигационного комплекса самолета Ту-154Т, разрабатываемого по советско-французскому соглашению совместно с фирмой “Thomson”. Отдельные результаты работы в 1982 году докладываются на Советско-французской отраслевой группе по авиационной промышленности. В числе авторов доклада сотрудники РКИИГА А.Г.Флеров, А.Д.Трояновский, Б.Я.Цилькер. Учитывая роль авиационных тренажеров в решении проблемы обеспечения безопасности полетов, в июле 1981 года Правительственная Комиссия принимает Постановление о проведении работ, направленных на усовершенствование отечественных авиационных тренажеров. В рамках этого Постановления институту поручено выполнение НИР “Эталон-Н”. Целями выполнения этой НИР были:

- разработка концептуального подхода к моделированию навигационных комплексов воздушных судов ГА, обеспечивающего воспроизведение адекватной реакции на внешние и внутренние возмущения (помехи), включая ошибки оператора;
- разработка модели внешней геодезической среды, определяющей условия моделируемого полета и их влияние на работу навигационного комплекса;

- разработка рациональных принципов построения имитаторов элементов навигационных комплексов, обеспечивающих высокую степень их унификации для всех конкретных типов данного оборудования;
- разработка структур моделей элементов перспективных навигационных комплексов;
- создание экспериментального образца исследовательского навигационного тренажера “Эталон -Н” с навигационным комплексом самолета Ил-86.

Участниками этой НИР были (www.rkiigarau.lv/история-радиотехнического-факультета):

А.Г.Флеров, Б.Я.Цилькер, А.А.Рессин, А.М.Клуга, В.Т.Тимофеев, П.П.Зарубин, В.И.Загородний, К.Р.Булыгин, А.В.Поздняков, Е.М.Петров, И.К.Федоров, И.А.Михеев, Р.И.Дьякон, О.В.Курков, В.И.Бурлаков, С.В.Москаленко, Л.И.Судьина, Г.В.Трояновская.Научный руководитель НИР – А.Д.Трояновский.

Разработанные в процессе НИР структуры моделей утверждаются для реализации в авиационных тренажерах. Созданный образец исследовательского тренажера “Эталон-Н” (СНТ-Ил-86) используется в дальнейших работах лаборатории и в учебном процессе института. В 1986...87 г.г., в соответствии с Протоколами совещания Межведомственной рабочей группы по навигационному обеспечению полетов в воздушном пространстве Северной Атлантики, институт выполняет ОКР “Разработка опытных образцов имитаторов И-11 и ONS-7 для УСНТ “Двина”. В одном из упомянутых протоколов отмечалось, что точность и надежность навигации самолетов Аэрофлота в ВП Северной Атлантики остается неудовлетворительной. Одна из причин этого – отсутствие в эксплуатирующихся тренажерах имитаторов И-11 и ONS-7, являющихся основными средствами навигации в районе Северной Атлантики. При выборе принципов моделирования И-11 и ONS-7 и формулировке технических требований к модернизации УСНТ “Двина” учитывался тот фактор, что этот тренажер будет использоваться опытными штурманами, целью и основной задачей тренировок, которых является существенное повышение точности и надежности самолетовождения над Северной Атлантикой, удовлетворение требований ИКАО к минимальным навигационным характеристикам. Центральной частью этой задачи является отработка и совершенствование методики совместного использования И-11, ONS-7 и комплекса “Полет” для самолетовождения в условиях Северной Атлантики. Совершенствование этой методики предусматривает необходимость выполнения множества “полетов” и их последующего анализа (разбора). При этом, важнейшим требованием является различие погрешностей навигационных систем для одних и тех же временных “сечений” навигационного процесса по множеству полетов, что диктует необходимость применения методов статистического моделирования

погрешностей И-11 и ONS-7. (И-11 – инерциальная навигационная система. ONS-7 – Omega Navigation Sistem – бортовое оборудование системой глобальной навигации “Омега” производства фирмы “Dynell Electronic Corp.” США). В процессе этой работы реализованы предлагаемые ранее принципы моделирования возмущенной работы навигационных систем, зависимость погрешностей этой системы от условий распространения радиоволн СДВ диапазона. Реализованы принципы полунатурного моделирования систем. В дальнейшем практика подтвердила справедливость выбранных решений. В 1988...1990 годах подобными имитаторами были оснащены тренажеры типа “Двина”, эксплуатирующиеся в учебных заведениях и некоторых эксплуатационных подразделениях. В 1989...92 годах выполняется опытно-конструкторская работа по созданию образца специализированного навигационного тренажера экипажа самолета Ил-96-300 (СНТ-96-300). В основу разработки положены результаты НИР “Эталон-Н”, получившие здесь свое дальнейшее развитие применительно к моделированию комплекса стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования – КСЦПНО. Анализ реализуемых функций и взаимосвязей между отдельными элементами моделируемого комплекса позволил сделать вывод о целесообразности включения в состав имитатора КСЦПНО реальных вычислительных систем управления полетом и тягой и системы электронной индикации, образующих верхний иерархический уровень этого комплекса, и математического моделирования датчиков навигационной информации. В математических моделях, как радиотехнических, так и геотехнических датчиков навигационной информации, реализован принцип их возмущенной работы, суть которого заключается в моделировании аддитивной смеси полезного сигнала и возмущений (помех) на входе модели следящего измерителя данного датчика.

Программное обеспечение тренажера было разработано Б.Я.Цилькером. Активное участие в разработке и изготовлении СНТ-96-300 принимали ОНИЛ-3 В.У.Михайлов, В.Ю.Смолин, С.А.Рейсоне. Л.И.Судьина. Научный руководитель и ответственный исполнитель темы – А.Д.Трояновский. По результатам выполненных исследований в области создания навигационных тренажеров и моделирования навигационных комплексов сотрудниками кафедры и научной лаборатории только с 1960-го года защищено десять диссертаций на соискание степени кандидата и доктора инженерных наук и по одной работе – на степень доктора технических наук и хабилитиированного доктора инженерных наук. Основные результаты исследований по данному направлению можно найти в источниках, приведенных в библиографическом списке к разделу.

Библиографический список литературы к главе 8.

- 8.1. Трояновский А.Д., Цилькер Б.Я. Ресин А.А. Методика применения навигационных тренажеров и исследовательских стендов для оценки эффективности аэронавигационных комплексов. Сб. научных трудов, РАУ, Рига, 1997 г., 4 с.
- 8.2. Трояновский А.Д., Цилькер Б.Я. Ресин А.А. Проблемы оценки эффективности эргатических аэронавигационных комплексов. Сб. науч. тр., РАУ, Рига, 1997 г., 6 с.
- 8.3. Трояновский А.Д., Ресин А.А., Цилькер Б.Я. К оценке эффективности различных режимов функционирования навигационного комплекса. Изв. Вуз. СССР - Приборостроение, том XXXIII, 1990 г. №3, 5 с.
- 8.4. Трояновский А.Д., Клуга А.М., Цилькер Б.Я. Бортовое оборудование радиосистем ближней навигации. Москва, Транспорт, 1990 г., 180 с.
- 8.5. Трояновский А.Д., Ресин А.А., Цилькер Б.Я. К оценке точности и надежности навигации с учетом коррекции курса и координат. Изв. Вуз. СССР - Приборостроение, 1988, №5.
- 8.6. Трояновский А.Д., Ресин А.А., Цилькер Б.Я. К оценке влияния точности и надежности навигационных систем на безопасность полета - Изв. Вуз. СССР-Приборостроение, 1988 г., № 3.
- 8.7. Трояновский А.Д. Методы и средства моделирования авиационных навигационных систем. - В кн.: Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в ГА. Межвузовский. сб. науч. трудов, Рига, 1987г., РКИИ ГА, 4 с.
- 8.8. Трояновский А.Д., Флеров А.Г., Цилькер Р.Б. и др. Принципы построения и направления совершенствования моделирующего стенда-тренажера для навигационных задач самолетов гражданской авиации.- Доклад № 7 Советско-Французской отраслевой группы по авиационной промышленности. Москва 1982 г., 19с.
- 8.9. Трояновский А.Д. Вопросы построения специализированных навигационных тренажеров. В кн. "Авиационные тренажеры и имитаторы", Меж. Сбор. Науч. трудов, Рига, 1980 г., РКИИ ГА, 4 с.
- 8.10. Трояновский А.Д., Цилькер Б.Я. Вопросы повышения эффективности авиационных тренажеров. - В кн. "Авиационные тренажеры и имитаторы". Межвуз. сборник науч. трудов, Рига, 1979 г., РКИИ ГА, 9 с.
- 8.11. Трояновский А.Д., Ресин А.А. О законе распределения случайных интервалов коррекции автономных навигационных систем. - В кн.: Проблемы навигации и УВД . Межвуз. сборник. науч. трудов, Ленинград, 1989 г., ОЛА ГА, 3 с.
- 8.12. Трояновский А.Д. и др. Повышение эффективности применения бортовой микро-ЭВМ при обработке сигналов фазовой системы дальней навигации. - В кн.: Повышение эффективности эксплуатации авиационного и радионавигационного оборудования ГА.- Межв. сб. науч. трудов, Рига, 1987 г., РКИИ ГА.
- 8.13. Трояновский А.Д., ЛЯПИДЕВСКИЙ Г.А., Флеров А.Г., ФЕДОРОВ И.К. Имитатор автоматических радиокомпасов. - Авторское свидетельство N 43443
- 8.14. Трояновский, А.Д. Флеров А.Г. Устройство имитации работы бортового оборудования угломерно-дальномерной системы. -Авторское свидетельство N 460005.
- 8.15. Трояновский А.Д., Флеров А.Г., Цилькер Б.Я. Формирователь кода Морзе. - Авторское свидетельство N 506139.
- 8.16. Трояновский А.Д., Флеров А.Г., Устройство моделирования низкочастотных сигналов доплеровских измерителей. - Авторское свидетельство N 606456.
- 8.17. Трояновский А.Д., Флеров А.Г. Устройство для имитации работы бортового оборудования угломерно-дальномерной системы. -Авторское свидетельство N 774418.
- 8.18. Трояновский А.Д., Клуга А.М., Цилькер. Имитатор навигационных систем - Авторское свидетельство N 1464753.
- 8.19. Трояновский А.Д., Цилькер Б.Я. Формирователь кода Морзе. - Авторское свидетельство N 723784.
- 8.20. Трояновский А.Д., Цилькер Б.Я. и др. Устройство имитации автоматического радиокомпаса. - Авторское свидетельство N 749226.
- 8.21. Трояновский А.Д., Флеров А.Г. и др. Авиационный пульт инструктора. - Свидетельство на промышленный образец N 2800.
- 8.22. Гладких, Ляпидевский Г.А. и др. Авиационный пульт штурмана. - Свидетельство на промышленный образец N 2801.
- 8.23. Трояновский А.А., Цилькер Б.Я., Клуга А.М. Методы и средства моделирования авиационных навигационных систем. - Комплексирование бортовых кибернетических систем. Доклад на Всесоюзном совещании, Тбилиси, 14-19 мая 1984 г., 13 с.
- 8.24. Трояновский А.Д., Ресин А.А., Цилькер Б.Я. Принципы моделирования ИНС в авиационных тренажерах и исследовательских стендах. - В книге "Авиационные тренажеры и имитаторы". Межв. сб. науч. трудов, Рига, 1979 г., РКИИ ГА, 12 с.

- 8.25. Трояновский А.Д., Ресин А.А., Цилькер Б.Я. Моделирование места самолета в обобщенной системе координат. - В кн. "Авиационные тренажеры и имитаторы". Межвуз. сб. науч. трудов, Рига 1979 г., РКИИ ГА, 9 с.
- 8.26. Трояновский А.Д., Ляпидевский Г.А. Методика применения специализированных штурманских тренажеров для ввода в строй штурманов ГА и тренировки по освоению новых трасс. - М: МГА, 1979 г., 38 с.
- 8.37. Трояновский А.Д. Исследование принципов построения навигационных тренажеров. РКИИ ГА, Рига, 1975 г.
8. 28. Цилькер Б.Я. Исследование принципов моделирования навигационно - посадочных комплексов в авиационных тренажерах. Рига, РКИИГА, 1980г.
- 8.29. Оборин Е.А. Моделирование входных сигналов частотных радионавигационных устройств. РКИИ ГА, Рига, 1991г.
- 8.30. Поздняков А.В. Моделирование фазовых навигационных систем в авиационных тренажерах и исследовательских стенах. РКИИ ГА, Рига, 1990г.
- 8.31. Ляпидевский Г.А. Разработка методов повышения эффективности процесса навигации и навигационного обеспечения полетов. Рига, РКИИ ГА, 1992г.
- 8.32. Трояновский А.Д. Имитационное моделирование навигационных комплексов и систем в авиационных тренажерах и исследовательских стенах. Рига, РАУ, 1993г.
- 8.33. Клуга А.М. Особенности моделирования комплексных навигационных систем в авиационных тренажерах. Сб. Трудов РАУ.- Рига, РАУ, 1997г.

Г л а в а 9. Исследование влияния упругих деформаций конструкции самолета на безопасность полетов

В 1911 году в Риге, на улице Кр. Валдемара, родился Мстислав Всеволодович Келдыш - будущий Президент Академии наук Советского Союза.



Мстислав Келдыш

Академик АН СССР (1946; член-корреспондент 1943), с 1953 член Президиума, в 1960—1961 вице-президент, в 1961—1975 президент, в 1975—1978 член Президиума АН СССР. Трижды Герой Социалистического Труда (1956, 1961, 1971). Советский учёный в области прикладной математики и механики, крупный организатор советской науки, один из идеологов советской космической программы. ru.wikipedia.org

Талантливая рижская семья подарила стране известного математика Людмилу В. Келдыш, талантливого музыканта и музыковеда Юрия В. Келдыша и выдающегося ученого в области механики Мстислава В. Келдыша. До конца своих дней М. В. Келдыш не порывал связей с Ригой, с латвийской наукой, бывая участником научных мероприятий, проводимых в республике. Особый вклад, еще в 30-е годы, внес М. В. Келдыш в разработку динамики идеальной жидкости в части развития неустановившихся движений крыла в потоке. Совместно с М. А. Лаврентьевым ему удалось решить сложную задачу о малых колебаниях крыла с учетом вихревой пелены, сбегающей с его задней кромки. это позволило получить выражения для определения средних период колебаний величин подъемной силы и перпендикулярной к ней горизонтальной составляющей. В 1938 г. в докладах АН СССР (т. 21, N 5) появилось фундаментальное исследование М. В. Келдыша по теории крыла конечного размаха, колеблющегося в потоке. Эти и другие его исследования позволили уточнить методы расчета флаттера крыла, оперения и создавать самолеты, не боящиеся этого грозного явления самовозбуждающихся упругих колебаний, приводящих разрушению конструкции. В годы Великой Отечественной войны труды М. В. Келдыша по теории, расчету и разработке мер по устранению различного рода колебаний (вибраций) частей самолета были удостоены Государственной премии 1942 года. Работы рижских ученых в области изучения различных типов аэроупругих колебаний авиационных конструкций, начатые в 50- годах в Риге, базировались на исследованиях М. В. Келдыша и его старших коллег: С. А. Чаплыгина, В. П. Ветчинкина, А. И. Некрасова, Е. П. Гроссмана и других. Рассмотрение флаттера крыла в нелинейной постановке, срывного и обычного,

было осуществлено Р. И. Виноградовым в конце 50-х начале 60-х годов в Риге [9.1-9.6]. Проведенные им исследования показали, что допущение самовозбуждающихся колебаний упругой конструкции возможно только специально для этого спроектированного устройства, как это было показано на примерах расчета и испытаний автоколеблющегося полужесткого крыла и кривошарнирно-колеблющихся жестких лопастей ветряка [9.5, 9.6]. При этом можно получить и определенный положительный аэродинамический эффект, связанный с явлением аэродинамического гистерезиса характеристик крыла (лопасти) при его колебаниях. Из выполненных работ вытекал вывод и о возможности осуществления управления параметров предельного цикла упругой конструкции, как и в любом другом автоколебательном процессе. Отход от технической доктрины пассивной борьбы с флаттером, не допускающей его возникновения, и переход к идеи активного воздействия на возникающие флаттерные автоколебания был связан с работами советских и иностранных ученых по активным системам управления, развернутым при создании крупногабаритных тяжелых самолетов больших скоростей с конца 60-х начала 70-х годов. Тогда же было предложено осуществить с помощью активной системы демпфирование вынужденных упругих изгибных колебаний крупноразмерных фюзеляжей этих самолетов. Активные системы управления воздействовали на колеблющуюся конструкцию аэродинамически посредством отклоняющихся дополнительных рулевых поверхностей, создающих демпфирующие аэродинамические силы.

9.1. Полуактивный метод управления колебаний упругих конструкций планера самолета

В отличие от этих работ в Риге в РВВАИУ им. Я. Алксниса был предложен другой подход к подавлению амплитуд упругих колебаний как вынужденных, так и автоколебательных (типа флаттер), частей планера крупногабаритных гражданских и транспортных самолетов: полуактивный метод управления колебаний упругих конструкций, основанный на использовании гироколебательных систем демпфирования (ГСД). Эти работы выполнялись, начиная с конца 70-х годов, под руководством доктора технических наук, профессора Р. И. Виноградова с участием кандидатов технических наук: О. И. Гайнутдинова, В. А. Левашова, Г. В. Никитина, Ю. В. Петрова и других [9.7-9.35]. В основу действия ГСД авторами был положен метод непосредственной гироколебательной стабилизации. Привлекательность использования силовых гироколебательных систем управления упругими колебаниями, предложенного рижскими исследователями, обуславливается тем, что традиционные конструктивные (пассивные) меры и новые активные системы управления (аэродинамическое воздействие) в ряде случаев не могут быть эффективными, особенно когда речь идет об уменьшении амплитуд колебаний частей конструкции планера при движении самолета по земле, о высокочастотных

колебаниях и т. д. В некоторых других случаях может оказаться целесообразным совместное использование различных систем. Для управления упругими клебаниями авиационных конструкций до работ рижских ученых ГСД не применялись. Использование непосредственных гиростабилизаторов в авиастроении с целью демпфирования упругих колебаний частей конструкции планера самолета является новым, что подтверждается признанными изобретениями Р. И. Виноградова, О. И. Гайнутдинова, В. А. Левашова, Ю. В. Петрова и др. [9.9-9.12]. Выбор принципиальной схемы ГСД определяется типом колебаний защищаемой конструкции. Так как эти колебания у самолета носят сложный характер, например, консоли крыла при движении самолета по земле совершают преимущественно изгибные колебания, а на режимах, близких к изгибо-крутильному флаттеру, колебания крыла происходят в основном по крутильной форме совместно с изгибными. Рижскими исследователями была разработана теория и проведен расчет нескольких вариантов ГСД. Наибольший интерес для практики представляют гиростабилизаторы, выполненные по схемам скоростного гироскопа (ГСД-СГ) [9.10] и пружинного гиromаятника. В число задач, рассмотренных на предмет применения ГСД входили такие, как предотвращение изгибо-крутильного флаттера крыла самолета Ил-86 при замене пассивной системы ГСД, снижение амплитуд вынужденных колебаний консолей крыльев самолетов Ил-76, Ан-12 и Ан-22 при движении по земле демпфирование «срывного флаттера» рулевых поверхностей, демпфирование колебаний двигателей, расположенных на пилонах по крыльям и др. ГСД размещались в концевой части консолей крыльев или в других местах таким образом, чтобы реагировать, на соответствующие колебания. Интересны результаты исследований применения ГСД-СГ для управления упругими колебаниями двигателей самолетов на пилонной подвеске. Как известно, такая компоновка некоторых современных типов самолетов в последнее время находит широкое применение. Наряду с достоинствами такого подхода существует много проблем, связанных с необходимостью демпфирования упругих колебаний двигателя, последствия которых весьма нежелательны. Размещение ГСД-С Г в пилонах (в концевой части) дает ряд положительных эффектов: увеличиваются декременты слабодемптированных колебаний двигателей, уменьшается гироскопическая связность (из-за наличия врачающихся роторов двигателей) упругих колебаний двигателей в разных направлениях, а также улучшаются флаттерные характеристики всей системы «двигатель-пилон—крыло самолета». Обобщенные результаты по этим исследованиям неоднократно докладывались на заседаниях Гагаринских научных чтений по космонавтике и авиации (1983–1985 гг.) и были опубликованы в Известиях АН СССР (Механика твердого тела, М 4, 1986).

9.2. Исследование влияния упругих деформаций конструкции самолета на его аэродинамические и полетные характеристики

В конце 60-х годов в связи с расширением круга научных работников и аспирантов на кафедре аэrodинамики и динамики полета РКИИГА под руководством Л. Г. Тотиашвили получили широкое развитие теоретические и экспериментальные исследования вопросов устойчивости и управляемости транспортных летательных аппаратов. Одним из таких направлений стало исследование методов оценки влияния упругих деформаций конструкции на динамические характеристики самолета. Из всех аэроупругих явлений к этому времени меньше всего внимания уделялось именно динамической устойчивости самолета с нежесткой конструкцией, хотя решение таких вопросов, как: повышение безопасности полета, определение характеристик усталостной прочности и ресурса планера, обеспечение комфорта пассажиров; выполнение такого пилотирования и подбора средств автоматики для улучшения характеристик устойчивости и управляемости требуют знания поведения самолета с нежесткой конструкцией в условиях атмосферной турбулентности. Цикл работ, посвященных решению этих задач, был проведен В. З. Шестаковым. На основе анализа поведения самолета с упругими степенями свободы в турбулентной атмосфере [9.25-9.26] были разработаны методы определения нагрузок, действующих на самолет с учетом влияния нестационарности обтекания [9.28] и расчета динамической устойчивости упругого самолета [9.29-9.32]. Было показано, что только рассмотрение совместных колебаний всех частот конструкции дает возможность анализировать влияние упругости на динамическую устойчивость нежесткого самолета, чего прежде не делалось. В каждой форме упругих колебаний преобладают деформации какой-либо одной части конструкции (крыло, фюзеляж, оперение), их выявление является решающим при построении упрощенных методов расчета динамических характеристик упругого самолета, которые и были предложены В. З. Шестаковым. Вопросам влияния упругости на безопасность и комфортабельность полета посвящены работы [9.33-9.35]. Были разработаны специальные установки и измерительная аппаратура. Две из них защищены авторскими свидетельствами [9.45, 9.46].

Библиографический список литературы к главе 9.

- 9.1. Виноградов Р. И. О допущении и использовании самовозбуждающихся колебаний конструкции. //Труды РВКИУ. Рига, 1962. Вып. 18.
- 9.2. Виноградов Р. И. Изгибные самоколебания крыла. //НТС, вып. 21.Рига: РКВИАВУ. 1955. С. 45-70.
- 9.3. Виноградов Р. И. Тензометрические датчики давлений новой конструкции. //Измерительная техника: М., 1962. № 6.
- 9.4. Виноградов Р. И. Колебания и явления аэроупругости частей летательного аппарата. //Конструкция летательных аппаратов. •Рига: РВВАИУ, 1972. Ч. I. 72 с.
- 9.5. Виноградов Р. И. Датчики малых неустановившихся давлений. // НТС, вып. 26. Рига: РКВИАВУ,

- 1956.
- 9.6. А. С. № 170305. Автомашущее крыло. Виноградов Р. И., Виноградов И. Н., 1965.
- 9.7. А. С. № 714742. Противофлаттерное устройство. и др. 1977.
- 9.8. А. С. № 808708. Противофлаттерное устройство. Виноградов Р. И., Гайнутдинов О. И., Левашов В. А., 1981.
- 9.9. А. С. № 102790. Противофлаттерное устройство. Виноградов Р. И., Гайнутдинов О. И., Лундтэ В. М., Никитин Г. В., 1982.
- 9.10. А. С. 1128018 устройство для гашения колебаний длинномерных консолей: Виноградов Р. И., Нигитин Г. В., Петров Ю. В., 1984.
- 9.11. Гайнутдинов О. И., Левашов В. А. О возможности построения гироскопической противофлаттерной системы. //НТС, вып. 16. Рига: РВВАИУ, 1978. С. 90-97.
- 9.12. Гайнутдинов О. И. Использование гироскопического амортизатора для демпфирования аэроупругих колебаний крыла самолета. //НТС, вып. 16. Рига: РВВАИУ, 1978. С. 58-64.
- 9.13. Виноградов Р. И., Гайнутдинов О. И., Левашов В. А. Гироскопическая система демпфирования аэроупругих колебаний. //НТС, вып. 17. Рига: РВВАИУ, 1978. С. 26-31.
- 9.14. Виноградов Р. И., Гайнутдинов О. И., Левашов В. А. К вопросу синтеза гироскопической системы демпфирования аэроупругих колебаний. //НММ. Рига: РВВАИУ, 1979. С. 3-7.
- 9.15. Виноградов Р. И., Левашов В. А., Никитин Г. В. О влиянии гироскопических эффектов силовой установки на изгибно-крутильные колебания крыла самолета. //Методические материалы по эксплуатации, надежности, безопасности полетов и аэроупругости ЛА: Сб. науч, тр. РВВАИУ. Рига, 1979. С. 8-14.
- 9.16. Левашов В. А. Приложение метода исследования устойчивости движения по структуре действующих сил к анализу аэроупругих деформаций и синтезу гироскопических противофлаттерных систем. //НММ. Рига: РВВАИУ, 1979. С. 15-24.
- 9.17. Виноградов Р. И., Гайнутдинов О. И., Левашов В. А. Демпфирование колебаний самолета с помощью силовых гироскопов. //Материалы 2-й НТК. Иркутск: ИВВАИУ, 1979, Ч. I. С. 30-33.
- 9.18. Гайнутдинов О. И., Никитин Г. В. Применение гироскопической системы демпфирования для управления упругими колебаниями двигателей на пилонной подвеске. //НММ. Рига: РВВАИУ, 1980.
- 9.19. Виноградов Р. И., Ливчак А. Я., Никитин Г. В. Динамическое взаимодействие упругого самолета с двигателями на пилонах. //НММ. Рига: РВВАИУ, 1981. Вып. 2. С. 3-10.
- 9.20. Никитин Г. В. Использование непосредственного гироскопического стабилизатора для повышения критической скорости флаттера самолета с двигателями на пилонах. //НММ. Рига: РВВАИУ, 1981. Вып. 2. С. 11-15. 7.21. Петров Ю. В. О повышении долговечности элементов конструкции планера ВТС путем использования систем управления колебаниями. //НММ. Рига: РВВАИУ, 1981. Вып. 2. С. 50-57.
- 9.22. Гайнутдинов О. И., Левашов В. А. Математическая модель упругого самолета вып. 19. Рига: РВВАИУ, 1982. С. 33-39.
- 9.23. Гайнутдинов О. И. Экспериментальная оценка эффективности непосредственного гироскопического стабилизатора для увеличения декремента колебаний упругой конструкции. //НММ. Рига: РВВАИУ, 1982. С. 42-44.
- 9.24. Никитин Г. В. Экспериментальные исследования колебаний моде₁₈ двигателя на пилоне. //НММ, Рига: РВВАИУ, 1982, Г. 45-47,
- 9.25. Виноградов Р. И., Гайнутдинов О. И., Лундтэ В. М., Никитин Г. В. Использование гироскопических устройств для демпфирования колебаний конструкции упругого летательного аппарата. //НТС, вып. 21. Рига: РВВАИУ, 1982. С. 4-11.
- 9.26. Гайнутдинов О. И. Применение непосредственного гироскопического стабилизатора для снижения уровня вынужденных колебаний упругой конструкции. //НТС, вып. 22. Рига: РВВАИУ, 1983.
- 9.27. Виноградов Р. И., Гайнутдинов О. И., Лундтэ В. М., Демпфирование упругих колебаний авиационных конструкций с помощью непосредственных гироскопических стабилизаторов. //НТС, вып. 22. Рига: РВВАИУ, 1983. С. 48-60.
- 9.28. Петров Ю. В. Применение непосредственного гироскопического стабилизатора для

- демпфирования низкочастотных упругих колебаний элементов конструкции планера транспортного самолета. //НТС, вып. 22. Рига: РВВАИУ, 1983. С. 27-31.
- 9.29. Петров Ю. В. Подобные преобразования уравнений движения одномассовой модели крыла с непосредственным гиростабилизатором. //НТС, вып. 22. Рига: РВВАИУ, 1983. С. 32-34.
- 9.30. Виноградов Р. И., Гайнутдинов О. И., Петров Ю. В., Петров Ю. Ю. Пути создания многофункциональной гироскопической системы демпфирования. //Современные методы экспериментального исследования прочности и надежности элементов конструкции ЛА: Сб. науч. тр. Рига: РВВАИУ, 1984. Вып. 14. С. 4-8.
- 9.31. Виноградов Р. И., Гайнутдинов О. И., Петров Ю. В. Управление упругими колебаниями авиационных конструкций при помощи силовых гироскопов. //Изв. АН СССР, Механика твердого тела. М., 1986, № 4. С. 41-43.
- 9.32. Виноградов Р. И., Гайнутдинов О. И., Петров Ю. В. и др. Гироскопические устройства управления упругими колебаниями элементов конструкции летательного аппарата. //Гагаринские научные чтения по космонавтике и авиации. Наука, М., 1985. С. 192-193.
- 9.33. Виноградов Р. И., Гайнутдинов О. И., Петров Ю. В. Эффективность гироскопических систем демпфирования упругих колебаний планера ЛА с двигателями на пилонах. //Гагаринские научные чтения по космонавтике и авиации. Наука, М., 1986. С. 188.
- 9.34. Шестаков В. З. О поведении самолета с упругими степенями свободы в турбулентной атмосфере. //Труды РКИИГА, Рига: 1965. Вып. 50. 14 с.
- 9.35. Шестаков В. З. Определение передаточной функции самолета при полете в турбулентной атмосфере. //Труды РКИИГА, Рига: 1965. Вып. 50. 26 с.
- 9.36. Шестаков В. З. Нагрузки, действующие на самолет при полете в булертной атмосфере. //Труды РКИИГА. Рига: 1966. Вып. 83. 8 с.
- 9.37. Шестаков В. З. Нагрузки, действующие на упругий самолет в условиях турбулентности. //ИВУЗ. Авиационная техника, Казань: 1967. № 4. 6 с.
- 9.38. Шестаков В. З. Влияние упругих колебаний конструкции самолета на его динамическую устойчивость. //Труды РКИИГА, Рига: 1967. 2 с.
- 9.39. Шестаков В. З. Определение аэродинамических коэффициентов самолета с нежесткой конструкцией. //Труды РКИИГА, Рига: 1969. Вып. 131. 11 с.
- 9.40. Шестаков В. З. Влияние собственного движения самолета на динамические свойства конструкции. //Труды РКИИГА, Рига: 1969. Вып. 138. 7 с. 7.41. Шестаков В. З. Динамическая устойчивость летательных аппаратов с нежесткой конструкцией. //Труды РКИИГА, Рига: 1969. Вып. 131. 11 с.
- 9.42. Шестаков В. З., Ермаков В. В. Вынужденное движение летательного аппарата с нежесткой конструкцией. //Труды РКИИГА, Рига: 1969. Вып. 151. 5 с.
- 9.43. Шестаков В. З. Исследование амплитудно-фазовых соотношений между компонентами угла атаки при продольном движении самолета с нежесткой конструкцией. //Труды РКИИГА, Рига: 1969. Вып. 151. 4 с.
- 9.44. Шестаков В. З. Влияние упругости конструкции самолета на безопасность и комфортабельность полетов в турбулентной атмосфере. //ИВУЗ. Авиационная техника, Казань: 1974. № 1. 3 с.
- 9.45. А. С. № 3402955 Шестаков В. З., и др. Механизмы вынужденных колебаний для динамических испытаний моделей в аэродинамической трубе. 1982.

Г л а в а 10. Разработка вероятностно-статистических методов и их применение в управлении производством в ГА

В шестидесятые – девяностые годы РКИИ ГА являлся наиболее авторитетной учебной и научной организацией в области применения математических методов в гражданской авиации. Это объяснялось двумя обстоятельствами. Во-первых, в РКИИ ГА работали многие крупные ученые, в том числе один из пионеров применения вероятностно-статистических методов в инженерном деле профессор Х.Б.Кордонский [10.1]. Во-вторых, на базе РКИИ ГА в 1963г. был создан Научно-вычислительный центр ГА, призванный разрабатывать и внедрять автоматизированные (компьютерные, по современной терминологии) системы управления в гражданской авиации. Наличие информационно-вычислительной базы в огромной степени стимулировало применение математических методов и моделей при решении различных задач управления. В 1964г. профессор Х.Б.Кордонский был приглашен в НВЦ ГА в качестве научного консультанта с целью определения наиболее перспективных направлений деятельности НВЦ и организации его работы поенным направлениям. Профессор Х.Б.Кордонский пригласил с собой молодых талантливых ученых И.Б.Герцбаха, Ю.М.Парамонова и А.М.Андронова. Каждый из них в дальнейшем создал свое направление автоматизации управления в гражданской авиации, при этом соответствующие разработки в существенной степени базировались на оригинальных математических моделях и методах (компьютерное составление центрального расписания движения самолетов Аэрофлота, прогнозирование спроса на авиаперевозки и их объемов, перспективное планирование развития гражданской авиации). В данной главе будут освещены только исследования, проводившиеся профессором А.М.Андроновым и его учениками. Они касаются разработки и применения вероятностно-статистических методов в управлении производством гражданской авиации. Соответствующие работы могут быть условно отнесены к четырем темам: *теория массового обслуживания, имитационное моделирование, теория надежности и профилактики систем, статистические методы*. В 1964г. на кафедре Эксплуатации самолетов и авиадвигателей РКИИ ГА под руководством профессора А.И.Пугачева была начата научно-исследовательская работа, посвященная исследованию возможностей применения *теории массового обслуживания* при организации и планировании технического обслуживания летательных аппаратов ГА. Одним из основных исполнителей по этой работе был аспирант А.М.Андронов. Успешному проведению работы способствовала постоянная поддержка профессора Х.Б.Кордонского, одного из ведущих специалистов страны по вероятностно-статистическим методам. Он содействовал установлению творческих контактов с такими всемирно известными учеными как академик Б.В.Гнedenko, член-

корреспондент АН СССР Н.П.Бусленко, профессора А.Д.Соловьев, Ю.К.Беляев, И.Н.Коваленко и др. Это в огромной степени способствовало высокому уровню научных исследований, проводимых как в то время, так и в будущем. Очень скоро оказалось, что методы и модели теории массового обслуживания применимы для описания, анализа и оптимизации широкого класса производственных процессов в гражданской авиации: бронирование и продажа авиабилетов в кассах агентств Аэрофлота, регистрация билетов пассажиров и оформление багажа в аэропортах, эксплуатация аэродромов (взлетно-посадочных полос, мест стоянки самолетов, рулежных дорожек и пр.), работа спецавтотранспорта и наземных служб аэропорта и пр. Обзор возможных применений теории массового обслуживания и первоначальное знакомство с ней было представлено в работах [10.2-10.5]. Начатые исследования нашли широкий отклик в ВУЗах и научно-исследовательских организациях ГА. Различные Нормы, Руководства, Методики, Методические указания и Рекомендации по проектированию и эксплуатации элементов аэропортов, эксплуатации самолетов и наземной техники, организации различных видов обслуживания и работы персонала производственных подразделений ГА – составлялись на основе методов теории массового обслуживания [10.6-10.12]. Серьезные исследования в этой области были выполнены А.А.Соколовым, А.Н.Хижняком, Е.Л.Пином, И.Е.Швацким, М.Ш.Коровским, П.Я.Розенблитом, В.И.Черниковым, А.М.Литвинчуком, В.Р.Лежоевым, Н.А.Рябовой и др. Как обычно при решении практических задач, часто оказывалось, что известные модели массового обслуживания не отражают достаточно адекватно фактическую ситуацию. В связи с этим возникали новые модели, исследование которых являлось самостоятельной математической проблемой. Среди таких новых моделей были обобщенные системы Эрланга (основателя теории массового обслуживания), системы при наличии расписания поступления требований и с конечным источником требований и пр. [10.13-10.17]. В процессе исследований моделей обслуживания часто удавалось найти достаточно общие подходы, применимые для исследования более широкого класса стохастических систем, чем системы обслуживания [10.18-10.20]. При исследовании процессов оперативного и периодического технического обслуживания самолетов очень скоро обнаружилось, что эти процессы не описываются классическими системами массового обслуживания. Основополагающие теоретические предпосылки, лежащие в их основе, делались с целью обеспечения свойства «марковости» моделей. Это достигалось за счет пуассоновского потока входящих в систему требований и экспоненциального распределения длительности обслуживания. На самом деле пуассоновость потока не имеет место вследствие планирования отхода самолетов на обслуживание, а экспоненциальность – вследствие наличия обязательных работ при обслуживании.

В связи с этим для адекватного описания процесса технического обслуживания самолетов было предложено использовать метод Монте-Карло, как он назывался в то время. Позже он стал называться методом статистического, а в настоящее время – *имитационного моделирования*. В нашей стране огромную роль в пропаганде и развитии этого метода сыграл член-корреспондент АН СССР Н.П.Бусленко. В настоящее время, согласно статистике, имитационное моделирование является наиболее употребляемым на практике математическим методом для описания и анализа производственных процессов. Имитационные модели и программы для ЭВМ Урал-4, разработанные в 1964г. А.М.Андроновым [10.2-10.4], были первыми как в гражданской авиации, так и в Латвии. В дальнейшем имитационное моделирование широко использовалось при исследовании процесса эксплуатации самолетного парка (В.А.Пашченко, Л.Л.Лихачев, А.С.Шленский, В.Е.Брусиловский, В.В.Смелов), парка средств механизации аэропорта (М.К.Богомолов, В.Р.Лежоев, Е.А.Копытов), служб аэропорта (Г.В.Сапожников). Среди этих работ необходимо выделить два крупных исследования, проведенных под руководством профессора А.М.Андронова. Первое из них проводилось в рамках проектирования крупного международного аэровокзального комплекса аэропорта Сочи, осуществляемого институтом «Аэропроект» (Москва) [10.6, 10.9, 10.14]. Разработанный комплекс моделей позволил имитировать работу будущего аэровокзала, что давало возможность оптимизации проектных решений. Второе исследование касалось эксплуатации парка летательных аппаратов. Имитационное моделирование процесса использования самолетного парка позволяло прогнозировать показатели эффективности эксплуатации самолетов (налет, исправность, регулярность полетов), составлять эффективные планы отработки ресурсов самолетами и направления их в рейсы, планы отхода самолетов на периодическое техническое обслуживание и ремонт и пр. Эти модели применялись при рассмотрении проблемы базирования новых перспективных самолетов Ту-204, а также в Центральном управлении Международных воздушных линий (а/п Шереметьево), в аэропортах Архангельск и др. (М.К.Богомолов, В.В.Смелов, В.Я.Погуляк, А.Ю.Пархоменко, Н.А.Маслов) [10.21-10.22]. Широкое применение имитационного моделирования выдвигало теоретические задачи, связанные с анализом методов и алгоритмов моделирования, повышением его эффективности, а также оценкой точности получаемых результатов. Проведенные в этом направлении исследования получили всесоюзную известность [10.23]. Важной областью научных исследований была *теория надежности и профилактики технических систем*, в частности, авиационной техники. Первоначально в 1966-1970 гг. под руководством профессора А.И.Пугачева решались две задачи: 1) определение оптимальной периодичности выполнения регламентных работ по техническому обслуживанию самолетов, а также группировка работ по формам

регламента; 2) статистическая оценка показателей надежности авиационной техники на основании данных эксплуатации. В условиях существующей в то время системы технического обслуживания и ремонта по наработке, проблема построения оптимального регламента технического обслуживания была исключительно важной. Разработке и теоретическому обоснованию соответствующих методов были посвящены работы Н.И.Владимирова, О.В.Щипцова, Ф.К.Склеревича и др. [10.24-10.26]. Основные из полученных результатов были опубликованы в монографии [10.27]. Под руководством профессора А.М.Андронова были разработаны оригинальные математические модели, описывающие процесс возникновения неисправностей и развития их в отказ [10.28, 10.29]. Предложены методы оптимальной группировки работ по формам обслуживания. В восьмидесятые годы стала актуальной проблема перехода на техническое обслуживание и ремонт самолетов по состоянию. Это потребовало новых математических моделей, так называемых моделей профилактики с контролем параметров. Весьма общую модель такого рода предложили и исследовали А.М.Андронов и Е.Ю.Барзилович в монографии [10.29]. В этой же работе описана оригинальная модель профилактики, основанная на теории частично наблюдаемых марковских процессов. Кандидатскую диссертацию на эту тему защитил в 1986 г. Г.М.Шахин из Ливана – первый иностранный аспирант РКИИ ГА. Показатели надежности авиационной техники оцениваются на основе статистических данных, собираемых в процессе эксплуатации самолетов. При этом для достоверного оценивания следует учитывать такие особенности этих данных как: их усеченность (обязательное снятие изделий с эксплуатации при достижении установленной наработки); разные условия эксплуатации самолетов (повышенная или пониженная температура окружающего воздуха, разное соотношение взлетов-посадок и налета часов самолетами) и т.п. Соответствующие задачи относятся к области *математической статистики*. Статистическая школа РКИИ ГА, созданная профессором Х.Б.Кордонским, была высокопрофессиональной и пользовалась большим авторитетом в Союзе. Работы профессоров Ю.М.Парамонова и Ю.А.Мартынова, доцента А.Я.Кузнецова были посвящены вопросам усталостной долговечности авиационных конструкций, сроков проведения разовых осмотров на парке машин и пр. Однако, многообразие статистических задач требовало разработки новых подходов к их решению. Они возникали в связи с рассмотрением как моделей надежности, так и обслуживания [10.23, 10.30-10.32]. Методы математической статистики имеют универсальное применение. Весьма эффективно они использовались в автоматизированной системе перспективного планирования развития гражданской авиации «Перспектива», разрабатываемой в 1972-1980гг. в ЦНИИ АСУ ГА под руководством А.М.Андронова, Т.В.Шмаровой и

М.К.Богомолова. Модели многомерной регрессии позволили достаточно точно оценить зависимость спроса на авиаперевозки пассажиров по направлениям и отправки из аэропортов от сопутствующих факторов (таких как численность и географическое положение города, его значение как промышленного, административного, культурного центра или транспортного узла и пр.). АСУ «Перспектива» производила расчеты и составляла прогнозы для десятков тысяч авиаасвязей и 230 аэропортов. По тем временам это была весьма совершенная компьютерная система [10.33]. Весьма оригинальными были и другие статистические модели, разработанные в рамках этой системы: модели выбора пассажиром вида транспорта, оптимизационные методы, применяемые при планировании развитии сети аэропортов, авиационных технических баз и базировании самолетного парка гражданской авиации [10.34, 10.35, 10.39]. Разработчиками системы были молодые выпускники РКИИ ГА А.Н.Киселенко И.Е.Швацкий, М.Ш.Коровский, П.Я. Розенблит В.Н.Печенцов, Н.Н.Демидов, С.В.Гуренко и др. В 1982г. постановлением Совета Министров СССР А.М.Андронову совместно с группой сотрудников ЦНИИ АСУ ГА и других организаций ГА за комплекс научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ по совершенствованию планирования и управления транспортной деятельности гражданской авиации на основе автоматизированных систем была присуждена Премия Совета Министров СССР. Регрессионные методы статистического анализа и прогнозирования эффективно использовались и в решении других научно-технических проблем. В восьмидесятых годах проводились интенсивные научные исследования и разработки в области создания автоматизированных систем диагностирования (АСД) технического состояния авиационной техники. Наиболее известной была АСД «Анализ-86», разработанная выпускниками РКИИ ГА под руководством доцента Л.Ф.Красникова. Система предназначалась для диагностирования технического состояния авиадвигателей и других систем самолета Ил-86 на основе записываемых в полете значений параметров [10.29, стр. 294-300]. Более локальные задачи решали другие автоматизированные системы диагностирования, в частности, для двигателей Д36. А.А.Вольпе и И.В.Яцкiv были предложены и апробированы динамические регрессионные модели, специальные критерии проверки гипотезы об отсутствии тренда параметров и пр. После раз渲ала СССР и последующего существенного уменьшения научно-технического сотрудничества Рижского университета с предприятиями гражданской авиации, расположенными на территории бывшего СССР, акцент проводимых научных исследований переместился на более теоретические задачи. В области *теории массового обслуживания* весьма актуальными вот уже третье десятилетие считаются исследования сетей массового обслуживания. По сравнению с классическими моделями обслуживания, это

значительно более сложный класс моделей, в которых отдельные системы обслуживания объединены в сеть, так что требования циркулируют по системам этой сети. Большое значение этих моделей объясняется тем, что они хорошо описывают функционирование современных информационно-вычислительных сетей. Профессором А.М.Андроновым и его учениками Г.Г.Федюшкиной, Д.С.Надиевым и С.Н.Холявиной были предложены и исследованы оригинальные сети массового обслуживания: циклическое обслуживание абонентов кольцевой сети, учет зависимости вероятности переходов заявок от текущей загрузки узлов сети, оптимизация распределения ресурсов в сети [10.36-10.41]. В области *теории надежности и профилактики* объектом изучения были сложные логические системы, описываемые функциями алгебры логики. Особое внимание было посвящено случаю отсутствия полной информации о надежности элементов системы. Такого рода ситуация обычно возникает не только в задачах надежности, но и в экспертных системах, когда по недостоверным, неполным данным об отдельных «фактах» следует оценить достоверность того или иного логического вывода. Для описываемого случая был предложен подход, базирующийся на функциях алгебры логики и классической теории вероятностей [10.42]. В 1995г. он был представлен в Институте НАТО [10.43]. Применение этого подхода к оценке надежности авиационной техники по неполным данным было проиллюстрировано в диссертационной работе Т.А.Шамшиной. Часто выход логической системы описывается только одним из двух возможных значений: 1 (иначе, «да» или «исправна») или 0 (иначе, «нет» или «неисправна»). Важной для практических целей является задача построения доверительных интервалов для этих значений, особенно в случае малого объема исходных статистических данных по элементам системы. Эта задача была рассмотрена в работе [10.44]. *Имитационное моделирование* в последнее десятилетие получило широкую популярность и стало рабочим инструментом многих исследователей. Объясняется это как его достоинствами (в частности, универсальностью метода), так и всеобщим распространением персональных ЭВМ и программных систем имитационного моделирования. Наличие последних в максимальной степени упрощает процесс разработки имитационной модели. В связи с этим особое значение приобретают методологические вопросы моделирования. Два из них являются объектами пристального внимания ученых в последнее время: 1) недостаточность исходных статистических данных; 2) создание достаточно общих имитационных моделей. В случае недостаточности исходных данных было предложено применять бутстреп-метод [10.45]. Обычный подход предполагает предварительное оценивание неизвестных распределений случайных величин, задействованных в модели. В процессе имитационного моделирования указанные случайные величины вырабатываются (генерируются) с помощью специальных датчиков согласно

оцененным распределениям. Если исходных статистических данных мало, то оценивание будет весьма неточным, что приведет к большим погрешностям результатов моделирования (смещению оценок интересующих нас показателей, большой их дисперсии). В этих условиях предлагается не производить оценивания распределений, а в процессе имитации необходимые значения случайных величин извлекать наудачу из имеющихся выборочных совокупностей. При этом одни и те же выборочные значения будут использоваться многократно, причем в различных комбинациях с другими значениями других случайных величин. Теоретическое обоснование этого подхода, а также разработка технологии его применения в различных условиях были даны в работах [10.46-10.53]. Различные применения бутстреп-метода в имитационном моделировании осуществлялись Т.Л.Логиновой, М.Е.Фиошиным и др. Отличительной особенностью описанного подхода является объединение в одно целое процессов статистической обработки данных и моделирования. Это является новым перспективным направлением в математической статистике. Целью создания достаточно общих имитационных моделей является облегчение применения имитационного моделирования для практиков. Такими общими моделями являются так называемые кусочно-линейные марковские процессы, охватывающие большинство применяемых в практических расчетах вероятностных моделей. Имитационное моделирование и особенно оценка точности его результатов для таких процессов является непростой задачей. Она существенно упрощается, если случайный процесс является регенерирующим. Иначе говоря, он имеет точки «регенерации», после каждой из которых процесс начинается каждый раз как бы заново. Оказывается, что, в этом случае для нахождения стационарных вероятностей состояний процесса достаточно исследовать только один цикл регенерации – интервал времени между двумя соседними точками регенерации. Трудности возникают, когда таких точек регенерации нет, т.е. процесс не является регенерирующим. Тем не менее такие точки можно ввести искусственно и тем самым воспользоваться преимуществами регенеративного подхода. Разработке, обоснованию и применению методов искусственного введения точек регенерации для имитационного моделирования кусочно-линейных марковских процессов общего вида посвящены последние работы профессора А.М.Андронова, получившие международную известность [10.54- 10.56]. А.М.Андронов обладает известностью в научных кругах Латвии, России и ряда зарубежных стран. В 1990г. ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Латвийской ССР». Более тридцати его учеников защитили кандидатские и докторские диссертации. Он является действительным членом Американской Статистической Ассоциации – самого массового и авторитетного статистического общества в мире. Член Совета Латвийского общества имитации и моделирования. Является членом Оргкомитетов ряда

международных научных конференций. В июне 1999г. он организовал проведение престижной научной конференции Probabilistic Analysis of Rare Events: Theory and Problems of Safety, Insurance and Ruin [10.56].

Одним из ведущих ученых в данной области, создавшим к 80-м годам свою научную школу является А.М. Андронов.

	Александр Андронов профессор, хабилитированный доктор инженерных наук, Заслуженный деятель науки и техники ЛССР, Лауреат премии Совета Министров СССР http://www.russkije.lv
---	--

Александр Михайлович Андронов родился в Москве 20 сентября 1937 года, семья переехала в Ригу после окончания войны. В Риге он в 1955 году закончил с серебряной медалью школу и поступил на механический факультет Московского авиационного технологического института, который в 1960 году окончил с отличием по специальности инженер-механик по самолетостроению. А.Андронов был распределён в Ригу на авиационный завод № 85 Гражданской авиации, где работал инженером-конструктором, а в 1963 году поступил в аспирантуру РКИИ ГВФ (Рижский институт инженеров гражданского воздушного флота, позднее РКИИГА - РАУ) по специальности «техническая эксплуатация летательных аппаратов и авиадвигателей». В то время под руководством профессора А.И.Пугачева была начата научно-исследовательская работа, посвященная применению *теории массового обслуживания* при организации и планировании технического обслуживания летательных аппаратов гражданской авиации, и А.Андронов стал одним из основных исполнителей этой темы. Большую роль в становлении А. Андронова как учёного сыграл заведующий кафедрой «Технология ремонта летательных аппаратов и авиадвигателей», один из ведущих специалистов страны по вероятностно-статистическим методам – профессор Х.Б.Кордонский. По его рекомендации А.Андронов стал участником Всесоюзного Семинара по теории массового обслуживания при кафедре Теории вероятностей Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова. Окончив в 1965 году аспирантуру, А.Андронов два года работал старшим научным сотрудником в РКИИ ГВФ, кандидатскую диссертацию по специальности «техническая кибернетика» защитил в 1966 году в Центральном экономико-математическом институте АН СССР. В 1969 году А.Андронов стал руководителем лаборатории Научно-вычислительного центра ГА, (в 1971 году преобразован в ЦНИИ автоматизированных систем управления Гражданской Авиации). В 1973 году в Киевском институте инженеров гражданской авиации А.Андронов защитил докторскую диссертацию на тему «Статистические методы проектирования и планирования работы аэропортов». За разработку и внедрение автоматизированных систем управления различными производственными процессами в гражданской авиации и перспективного планирования ее развития в 1982 году А.Андронов в числе других сотрудников ЦНИИ АСУ ГА был удостоен премии Совета Министров СССР. В сентябре 1967 года в РКИИГА был создан Факультет автоматики и вычислительной техники, и А.Андронов был приглашен читать курс лекций по *Теории вероятностей и математической статистике*, затем этот же курс он стал преподавать и на Инженерно-экономическом факультете. В 1978 году А.Андронов перешел на постоянную работу в РКИИ ГА и возглавил новую кафедру *Математических методов и программирования*, в этом же году ему было присвоено учёное звание профессора. С 1988 года и вплоть до ликвидации РАУ в 1999 году А.Андронов – руководитель кафедры *Автоматизированные системы управления*, 1999 - 2009 годы – руководитель профессорской группы *Математическое обеспечение систем управления транспортом* в Институте транспортных технологий Рижского технического университета, а с 2009 года – профессор в Институте транспорта и связи. В последние годы научные интересы А.Андронова связаны с математической статистикой,

анализом методов и алгоритмов имитационного моделирования, повышением его эффективности, а также оценкой точности получаемых результатов. А.Андронов – автор более 150 научных статей, 10 учебных пособий, более тридцати его учеников, которые живут и работают в Латвии, России, Германии, Америке, Ливане, защитили кандидатские и докторские диссертации. Он – «Заслуженный деятель науки Латвийской ССР» (1990), действительный член Американской Статистической Ассоциации (самого массового и авторитетного статистического общества в мире), член Ассоциации профессоров высших школ Латвии, эксперт Латвийского Совета по науке по специальности «транспорт и связь», член редколлегии журнала *Автоматика и вычислительная техника*, переводимого в США на английский язык; член программных комитетов различных международных научных конференций.

Библиографический список литературы к главе 10.

- 10.1. Кордонский Х.Б. Приложения теории вероятностей в инженерном деле. М: Физмат, 1963.
- 10.2. Андронов А.М. Применение теории массового обслуживания при организации и планировании работы ЛЭРМ. Труды РКИИ ГА, вып.68. –Рига: РКИИ ГА, 1965.
- 10.3. Андронов А.М. Элементы теории массового обслуживания авиационной техники. В кн. «Техническая эксплуатация летательных аппаратов». –М.: «Транспорт», 1968.
- 10.4. Андронов А.М. Теория массового обслуживания и научная организация труда в гражданской авиации. –М.: Редиздат МГА, 1969.
- 10.5. Андронов А.М., Хижняк А.Н. Математические методы планирования и управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятий гражданской авиации. –М.: Транспорт, 1977.
- 10.6. Андронов А.М. Статистические методы расчета систем регистрации пассажиров и обработки багажа в аэропортах гражданской авиации. Труды ВАУ ГА, вып. 39. –Л.: ВАУ ГА, 1969.
- 10.7. Андронов А.М., Швацкий И.Е. Экономическое обоснование строительства второй взлетно-посадочной полосы. Труды РКИИ ГА, вып.168. –Рига: РКИИ ГА, 1969.
- 10.8. Андронов А.М., Швацкий И.Е., Коровский М.Ш. Статистическое моделирование работы аэропорта. В сб. «Статистическое моделирование и аппарата». Доклады 2-го Всесоюзного совещания по статистическим проблемам в управлении. Ташкент, 1970. –М.: Наука, 1970.
- 10.9. Андронов А.М., Комский М.В. Определение единовременной вместимости объединенных пассажирских помещений децентрализованного аэровокзала. Бюллетень научно-технической информации, №9, ОНТИ ГПИ и НИИ ГА. –М.: Аэропроект, 1970.
- 10.10. Андронов А.М., Литвинчук А.М., Пин Е.Л., Розенблит П.Я. Руководство по выбору, расчету и проектированию систем регистрации билетов, оформления и обработки багажа вылетающих пассажиров в аэропортах гражданской авиации. –М.: ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект», 1971.
- 10.11. Андронов А.М., Пин Е.Л., Розенблит П.Я. Статистическая модель свободной системы регистрации билетов и обработки багажа в аэропортах. В сб. «Вопросы создания АСУ производственными процессами в ГА». Сборник трудов ГосНИИ ГА, вып. 2. –М.: ГосНИИ ГА, 1972.
- 10.12. Андронов А.М., Родкин А.Н. Рекомендации по расчету систем высокопроизводительных грузовых комплексов аэровокзалов. М.: ГПИ и НИИ ГА. Аэропроект, 1972.
- 10.13. Андронов А.М. Об одном обобщении формул Эрланга. Изв. АН СССР «Техн. Кибернетика», №6, 1970.
- 10.14. Андронов А.М. К расчету объема буферной памяти одного класса информационных систем. «Автоматика и вычислительная техника», №5. –Рига: АН ЛССР, 1971.

- 10.15. Андронов А.М., Литвинчук А.М. Определение характеристик систем массового обслуживания с конечным числом требований. «Автоматика и вычислительная техника», №1. –Рига: АН ЛССР, 1972.
- 10.16. Андронов А.М. Однолинейная система массового обслуживания с конечным числом поступающих требований. «Кибернетика», №3. –Киев: АН СССР, 1972.
- 10.17. Андронов А.М., Литвинчук А.М. Однолинейная система массового обслуживания с конечным числом поступающих требований. Изв. АН СССР «Техн. кибернетика», №3, 1972.
- 10.18. Андронов А.М., Герцбах И.Б. О свойствах функционалов, заданных на полумарковском процессе с конечным числом состояний. «Кибернетика», №4. –Киев: АН УССР, 1972.
- 10.19. Андронов А.М. Алгоритм нахождения оптимальных стратегий в управляемых полумарковских процессах размножения и гибели. Изв. АН СССР «Техн. кибернетика», №5, 1980.
- 10.20. Андронов А.М., Скляревич Ф.К. Численный метод анализа вычислительных ассоциаций с двумерным марковским описанием. «Автоматика и вычислительная техника», №4. –Рига: АН ЛССР, 1980.
- 10.21. Андронов А.М., Маслов Н.А. Задачи управления отработкой ресурсов парка однотипных машин. В сб. Прикладные проблемы управления макросистемами. –М.: НСКП «Кибернетика» АН СССР, 1988.
- 10.22. Компьютеризация производства в ГА. Под ред. А.М.Андронова. –Рига: РКИИ ГА, 1988.
- 10.23. Андронов А.М., Розенблит П.Я. Статистика полумарковских процессов размножения и гибели с применением к анализу систем массового обслуживания. Изв. АН СССР «Техн. кибернетика», №3, 1972.
- 10.24. Андронов А.М., Владимиров Н.И. Некоторые вопросы определения периодичности технического обслуживания летательных аппаратов. Труды РКИИ ГА, вып.121. –Рига: РКИИ ГА, 1968.
- 10.25. Андронов А.М., Владимиров Н.И. Об одной модели отказов и профилактического обслуживания авиационного приборного оборудования. Изв. ВУЗов, «Приборостроение», том XI, №9, 1968.
- 10.26. Андронов А.М., Щипцов О.В. Расчет надежности изделий при техническом обслуживании по методу распределенной трудоемкости. В сб. «Техн. эксплуатация летательных аппаратов и авиа двигателей». –Рига: РКИИ ГА, 1976.
- 10.27. Смирнов Н.Н., Андронов А.М., Владимиров Н.И., Лемин Ю.И. Эксплуатационная надежность и режимы технического обслуживания самолетов. –М.: Транспорт, 1975.
- 10.28. Андронов А.М. Обобщенная модель отказов с накоплением неисправностей. Изв. АН СССР «Техн. кибернетика», №4, 1971.
- 10.29. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 8 томах. Том 8. Эксплуатация и ремонт. /Под ред. В.И.Кузнецова и Е.Ю.Барзиловича. –М.: Машиностроение, 1989.
- 10.30. Андронов А.М., Кордонский Х.Б., Розенблит П.Я. Применение теории несмешенных оценок в задачах массового обслуживания. Изв. АН СССР «Техн. кибернетика», №2, 1972.
- 10.31. Андронов А.М. Оценка нагрузки систем массового обслуживания с бесконечным числом обслуживающих аппаратов. «Проблемы передачи информации», АН СССР, том УШ, вып. 2, 1972.

- 10.32. Андронов А.М. Некоторые статистические оценки и критерии согласия, основанные на группировке наблюдений. В сб. «Основные вопросы теории и практики надежности». –М.: Сов. Радио, 1980.
- 10.33. Прогнозирование пассажирских перевозок на воздушном транспорте. /Под ред. А.М.Андронова. –М.: Транспорт, 1983.
- 10.34. Андронов А.М., Гулбис М.Р. Модель выбора пассажирами вида транспорта. Экономика и мат. методы. Том XY, вып. 2, 1979.
- 10.35. Андронов А.М., Киселенко А.Н. Оценки и основанные на них алгоритмы для задачи о ранце с дополнительными ограничениями. Математические методы решения экономических задач. №9. –М.: Наука, 1980.
- 10.36. Андронов А.М., Надиев Д.С. О некоторых усовершенствованиях алгоритма Бузена для расчета замкнутых сетей массового обслуживания. «Автоматика и вычислительная техника», №4. –Рига: АН ЛССР, 1984.
- 10.37. Андронов А.М., Редько В.А. Анализ модели детерминированного циклического обслуживания абонентов при ординарных запросах. «Автоматика и вычислительная техника», №4. –Рига: АН ЛССР, 1984.
- 10.38. Андронов А.М., Федюшкина Г.Г. Анализ и оптимизация звездообразной экспоненциальной замкнутой сети массового обслуживания с изменяющимися вероятностями переходов заявок между узлами. «Автоматика и вычислительная техника», №6. –Рига: АН ЛССР, 1987.
- 10.39. Андронов А.М., Киселенко А.Н., Мостищенко Е.В. Прогнозирование развития транспортной системы региона Сыктывкар: Российская Академия наук. Уральское отделение, 1991.
- 10.40. Andronov A. Analysis on nonstationary queueing system with finiteless servers as a model of network with multiple random access //Automatic Control and Computer Sciences. Allerton press, 1994. N1, pp.22-27.
- 10.41. Andronov A., Vishnevsky V., Latkov A. Gradient Optimization of Additive Funcional of Closed Queueing Network. In Proceedings of International Conference «Distributed Computer Communication Networks. Theory and Applications», November 4-8, 1997, Tel-Aviv, Israel, pp. 12-17.
- 10.42. Andronov A. A probability method for accounting of random data in logical inferences procedures. // Automatic Control and Computer Sciences. Allerton press, 1994. N4, pp.26-36.
- 10.43. Andronov A. The Probability Method for Accounting of Random Data in Logical Procedures of Failures Localization of Complex Systems. In Reliability and Maintenance of Complex Systems, Lecture Notes. NATO Advances Study Institute. 12-22 June, 1995, Kemer, Antalya, Turkey.
- 10.44. Andronov A. Algorithm of Confidence Limits Calculation for the Probability of the Value 1 of a Monotone Boolean Function of Random Variables. In Kitsos C.P., Edker L. (Eds): Industrial Statistics. Aims and Computational Aspects. Physica-Verlag, A Springer Verlag Company. Heidelberg-New York, 1997, pp. 123-133.
- 10.45. Andronov A. Nonparametric Statistical Estimation of Systems Numerical Efficiency under the Test Results of its Components. Automatic Control and Computer Sciences, 1995, N5, pp.28-38.
- 10.46. Andronov A., Merkuryev Yu., Loginova T. Use of the Bootstrap Method in Simulation of the Hierarchical Systems. In Proceedings of the 7th European Simulation Symposium, October 26-28, 1995, Erlangen-Nuremberg, Germany, pp. 9-13.

- 10.47. Andronov A., Merkuryev Yu. Optimization of Statistical Sample Sizes in Simulation. In Proceedings of the 2nd St.Petersburg Workshop on Simulation, June 18-21, 1996, Saint Petersburg, Russia, pp.220-225.
- 10.48. Andronov A., Merkuryev Yu., Loginova T. Optimization of a Structure of a Simulation Model. In Proceedings of the 8th European Simulation Symposium «Simulation in Industry», volume II. October 24-26, 1996, Genoa, Italy, pp. 202-206.
- 10.49. Andronov A. An Alternative Approach to Statistical Problems of the Queueing Theory. In Proceedings of International Conference «Distributed Computer Communication Networks. Theory and Applications», November 4-8, 1996, Tel-Aviv, Israel, pp. 8-15.
- 10.50. Andronov A., Merkuryev Yu. Controlled Bootstrap Method and Its Application in Simulation. In Proceedings of the 11th European Simulation Multiconference. June 1-4, 1997, Istanbul, Turkey, pp. 160-164.
- 10.51. Andronov A., Fioshin M. Distribution Calculation for the Sum of Bootstrap Sample Elements. In Proceedings of the Fifth International Conference «Computer Data Analysis and Modelling», June 8-12, 1998, Minsk. –Minsk: Belarusian State University, 1998. Volume 1, pp. 5-12.
- 10.52. Andronov A., Merkuryev Yu. Controlled Bootstrap Method in Simulation of Hierarchical Structures. In Proceedings of the 3rd St.Petersburg Workshop on Simulation, June 28 – July 3, 1998, Saint Petersburg. –St. Peterburg: Saint Petersburg State University, 1998. pp.271-277.
- 10.53. Andronov A., Merkuryev Yu. Optimization of Statistical Sample Sizes in Simulation. Journal of Statistical Planning and Inference (appears).
- 10.54. Andronov A. Artificial Regeneration Points Introduction for an Investigation of Queueing Processes. In Proceedings of International Conference «Queues: Flows, Systems, Networks», 14. January 27-29, 1998, Minsk. –Minsk: Belarusian State University, 1998. pp. 29-63.
- 10.55. Andronov A. Artificial Regeneration Points for Stochastic Simulation of Complex Systems. In Proceedings of the 10th European Simulation Symposium and Exhibition «Simulation Technology: Science and Art». October 26-28, 1998, Nottingham, United Kingdom. –Nottingham: Trent University, 1998. pp. 34-40.
- 10.56. Andronov A. Regeneration of Piecewise Linear Markov Processes. In Proceedings of the Conference «Probabilistic Analysis of Rare Events: Theory and Problems of Safety, Insurance and Ruin». June 28 – July 3, 1999, Riga, Latvia. –Riga: Riga Aviation University, 1999 (appears).

Гл а в а 11. Исследования по улучшению характеристик движения летательного аппарата по земле

Наряду с всесторонним исследованием самолета при его движении в воздухе рижские ученые изучали условия взлета и особенно посадки самолета, в частности с необорудованных или грунтовых аэродромов. Опыт эксплуатации первых реактивных самолетов на грунтовых аэродромах показал, что они обладали значительно худшей проходимостью, чем поршневые самолеты времен Великой Отечественной войны. Это было связано с тем, что тонкое крыло скоростного самолета могло вместить в себя при уборке шасси только меньшие по габариту колеса, что требовало повышения давления их пневматиков, а, следовательно, снижения проходимости самолета по грунту.

11.1. Улучшение характеристик движения самолета по грунту В исследованиях Ю. Д. Миленьского [11.1-11.4], проведенных в РКВИАВУ в пятидесятых годах, было осуществлено экспериментальное исследование движения самолетных колес по грунту в широком диапазоне скоростей. Специальному рассмотрению, теоретическому и экспериментальному, он посвятил анализ движения самолета на грунтовых переувлажненных аэродромах. В его работах было проведено и исследование использования лыжного шасси, а также смешанного лыжно-колесного шасси (сбрасываемых «башмаков»). Для реактивных самолетов необходимо было найти также решения для сокращения длины послепосадочного пробега самолета. Задача эта была не только научно-техническая, но и экономическая, так как начавшийся процесс увеличения длины взлетнопосадочных полос с переходом на реактивную авиацию грозил захватить большую площадь земли, порой плодородной. Наряду с разработкой самолетов короткого взлета и посадки, а также вертикально взлетающих самолетов необходимо было уменьшить длину послепосадочных пробегов реактивных самолетов классических схем. Этими вопросами в РКВИАВУ в середине 50-х годов занялся О. А. Комаров [11.5, 11.6], который исследовал как работу реверса тяги ТРД и ТВД самолетов во время пробега, так и введение новых видов механизации, вплоть до управления установочным углом крыла, переводом его в период послепосадочного пробега на отрицательные углы атаки [11.6]. Наконец, для решения задачи движения по неровному аэродрому с малыми перегрузками, что должно способствовать повышению общего ресурса крыла крупногабаритного самолета, транспортного или пассажирского, большой интерес представляли исследования В. Д. Шарапова по новому типу амортизации шасси. В. Д. Шарапов сформулировал направление своих исследований, как защита самолета от вибрационных возмущений, вызываемых неровностями взлетно-посадочной полосы (ВПП). Для

решения этой задачи необходимо было построить математическую модель самолета - от начала его движения по ВПП до отрыва колес шасси от грунта, при взлете, и от момента касания колесами шасси ВПП до полной остановки, при посадке. Неровности (микропрофиль) ВПП являются основным возмущающим фактором, вызывающим интенсивные колебания самолета на устройствах шасси, обеспечивающих конструктивную связь осей колес с его фюзеляжем или несущими плоскостями. Насколько интенсивны возникающие при этом колебания крыльев самолета и фюзеляжа можно судить по проводимым ниже цифрам. Так, путь, проходимый самолетом по ВПП на взлете и при посадке, составляет в среднем менее 0,1-0,3% от расстояний, покрываемых им в полете. Однако на этот путь приходится до 60% накопленных за время эксплуатации усталостных разрушений в некоторых основных элементах несущих плоскостей и фюзеляжа, что справедливо для большегрузных транспортных и пассажирских ЛА. Названные разрушения вызываются интенсивными знакопеременными нагрузками, испытываемыми элементами конструкции самолета при колебаниях, возбуждаемых микропрофилем ВПП. Следует отметить, что актуальность этой проблемы существенно возрастет, если учесть необходимость посадки и взлета самолетов с необорудованных аэродромов без ВПП с твердым покрытием или аварийной посадки на ВПП с разрушенным покрытием и на неподготовленный участок местности. Так как модель самолета, движущегося с малой скоростью по ВПП, может в первом приближении считаться эквивалентной грунтовому транспортному средству (ТС), то это позволяет использовать исследование советских ученых в этой области (Р. В. Ротенберга, А. А. Хачатурова и др.). Как было показано еще К. В. Фроловым и Ф. А. Фурманом, обеспечить достаточно высокую и надежную виброзащиту объекта, используя лишь пассивные подвески, состоящие из обычных упругих и демпфирующих элементов (типа жидкостно-воздушного амортизатора шасси самолета), не представляется возможным. Значительно повысить виброзащищенность таких объектов можно лишь с помощью новых активных систем подпрессоривания, содержащих второй канал воздействия, который частично компенсирует возмущения, передаваемые объекту виброзащиты по основному каналу. В [11.7] показано, что радикально повысить виброзащиту самолета или других грунтовых ТС при движении по земле по сравнению с уже достигнутым уровнем можно, лишь используя новые активные системы подпрессоривания, которые представляют собой поисковые инвариантные системы автоматического управления.

11.2. О некоторых задачах технической эксплуатации самолетов. Авиационная техника от поколения к поколению все больше усложняется и становится дороже. В конце 50-х годов по данным ИКАО удельная цена транспортного самолета составляла примерно 30 долларов за 1 кг конструкции, в 60-х годах стоимость 1 кг конструкции увеличилась до 70-100 долларов, а в 70-х годах – до 300 долларов. При этом возрастает стоимость технического обслуживания и ремонта авиационной техники. В эти годы она достигала 30% от общей суммы эксплуатационных расходов. В связи с этим научно-исследовательскими и учебными заведениями непрерывно проводятся исследования, направленные на совершенствование организационных форм и методов технической эксплуатации современной авиации. Определенную часть этих исследований выполнял и коллектив рижских авиационных центров. В 50-х годах под руководством А. И. Пугачева в РКВИАВУ были проведены исследования расхода топлива группы реактивных самолетов при работе ТРД на переходных режимах [11.9], а также изучено влияние климатических условий на основные характеристики ТРД [11.10]. В последнем исследовании принял участие М. Л. Бураков. Проводились также исследования и надежности работы топливных систем реактивных самолетов в высотных условиях (В. К. Гриник. В. Г. Курганович). В 60-е годы уже в РКИИГА, научно-исследовательские работы в области технической эксплуатации значительно активизировались. По-прежнему их руководителем был А. И. Пугачев. Проводилась работа по исследованию эксплуатационной надежности двигателей, особенно надежность их запуска при изменении температуры атмосферы. В этой работе наиболее активное участие принимал доцент Н. Т. Домотенко. Материалы этой работы нашли широкое применение в эксплуатационных предприятиях ГА и в учебном процессе. Большую работу по исследованию эксплуатационных вопросов выполнили сотрудники РКИИГА - Н. И. Владимиров, В. А. Самсон, В. К. Андреев, В. А. Пащенко, М. К. Богомолов. Н.И.Владимиров выполнил исследование по оптимизации разработки и корректировки регламентов технического обслуживания авиационной техники. Другой сотрудник института В. А. Самсон продолжительное время выполнял работы в области защиты ГТД от попадания в них посторонних предметов. Результаты этого исследования используются в конструкторском бюро. Велись также работы по совершенствованию организационной структуры авиационно-технических баз (АТБ) наземного обслуживания самолетов (В. К. Андреев) по применению теории массового обслуживания для целей совершенствования планирования работы АТБ, оптимального определения численности личного состава и средств технического обслуживания для выполнения заданного объема работ. По материалам последней работы, выполненной под руководством А. И. Пугачева А. М. Андроновым,

было издано указание МГА по применению методов теории массового обслуживания при организации технического обслуживания самолетов Ил-18. Представляла интерес также работа по механизации и автоматизации производственных процессов технического обслуживания (М. К. Богомолов), которая завершилась разработкой методик анализа и оценки состояния механизации и автоматизации процессов технического обслуживания летательных аппаратов. Методика используется в эксплуатационных предприятиях ГА. Наконец, под руководством доцента А. С. Кравеца выполнена работа по применению сетевых методов планирования и управления производственных процессов АТБ. По результатам работы были разработаны и внедрены в 1968 г. методические указания СПУ при техническом обслуживании летательных аппаратов, а затем в 1972 г. издано руководство по разработке и внедрению сетевого планирования и управления на авиационно-технических базах гражданской авиации. В 70-е гг. коллектив научной лаборатории кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов РКИИГА начал работать над проблемой внедрения новой системы обслуживания и ремонта авиационной техники по состоянию. К этому времени уже стало ясно, что применяемая планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта авиатехники исчерпала уже свои возможности, а поэтому требуются новые, более прогрессивные методы. Для решения задачи интенсификации производственной деятельности АТБ в условиях все усложняющейся авиационной техники наиболее полно отвечает этим требованиям система обслуживания по состоянию. Однако для ее внедрения необходимы следующие условия: контролепригодность авиационной техники, наличие диагностической аппаратуры, разработанные режимы диагностирования, выбранные диагностические параметры и определены их изменения по наработке. Коллектив кафедры совместно с ГосНИИГА все эти годы выполнял работы в области технической диагностики механических систем летательных аппаратов. Разрабатывались методы и средства диагностики указанных систем, определялись контролируемые параметры, разрабатывались требования к конструкторским бюро по улучшению контролепригодности авиатехники. Результатом этой работы было увеличение ресурсов многих агрегатов, особенно гидравлических систем. Принят в серийное производство разработанный НИЛ кафедры РКИИГА ультразвуковой течеискатель (ТУЗ) для определения внутренней негерметичности агрегатов гидросистем. Переданы в производство также разработанные в институте следующие приборы: прибор контроля электромеханизмов (ТЭСТ), прибор контроля внутренней негерметичности гидросистем (ПКВН) и прибор контроля турбохолодильников.

Библиографический список к главе 11.

- 11.1. Миленький Ю. Д. Экспериментальное исследование движения колес по грунту в широком диапазоне скоростей. //Труды РКВИАВУ, Рига, 1958. Вып. 49.
- 11.2. Миленький Ю. Д. Анализ движения самолета на грунтовых переувлажненных аэродромах. //Труды РКВИАВУ, Рига, 1958. Вып. 63.
- 11.3. Миленький Ю. Д. Проходимость самолетов по грунту. //Вопросы проектирования ЛА: Сб. науч. тр. /РКВИАВУ. Рига, 1959. Ч. II. С. 56-62.
- 11.4. Миленький Ю. Д. Лыжные старт и посадка. //Вопросы проектирования ЛА: Сб. науч. тр. РКВИАВУ. Рига, 1959. Ч.I. С. 63-68.
- 11.5. Комамарв О. А. Работа реверсивной тяги во время пробега самолета. //НТС РКВИАВУ. Рига, 1956. Вып. 26. С. 3-10.
- 11.6. Комаров О. А. Некоторые вопросы сокращения длины послепосадочного пробега самолета. //НТС РКВИАВУ. Рига, 1956. Вып. 26. С. 11-22.
- 11.7. Шарпов В. Д. Активные подвески транспортных средств. Рига: РВВПКУ, 1980. 262 с.
- 11.8. А. С. № 500992, СССР. Способ стабилизации динамических сил, действующих через упругие элементы подвески на корпус движущегося транспортного средства. Шарпов В. Д., 1976.
- 11.9. Пугачев А. И. и др. К расчету дальности и продолжительности полета строя самолета. //НТС РКВИАВУ. Рига, 1954.
- 11.10. Пугачев А. И. Эксплуатация реактивных двигателей в условиях низких температур. 1954.

Г л а в а 12. Прикладные работы ученых Рижских авиационных центров в интересах народного хозяйства

Широкий научный кругозор ученых авиационных Латвийской ССР неизбежно приводил к использованию их опыта и методов исследований для решения задач народного хозяйства страны, напрямую не связанных с авиационной проблематикой. Важнейшие из этих исследований следующие:

- исследования по измерению радиолокационным методом толщины льда для оптимального провода кораблей в бассейне Северного Ледовитого океана и оценки ледовых аэродромов;
- исследования в интересах инженерной геологии и археологии по проведению подповерхностного радиолокационного зондирования;
- исследование систем распыления сельхозреактивов с самолетов;
- разработка предложений по наземному использованию авиационных двигателей, чей полетный ресурс израсходован;
- исследование ветровых нагрузок на промышленные сооружения;
- исследование новых схем ветродвигателей;
- теория и практика перевозки крупногабаритных грузов на внешней подвеске вертолета.

12.1. Измерение толщины морских и пресноводных льдов

В 1967 году во время подготовки летных экспериментов по определению точностных характеристик радиовысотомеров над ледовыми покровами начальник Полярного управления МГА М. И. Шевелев указал на актуальность разработки системы дистанционного измерения толщины морского льда (для повышения безопасности посадки самолетов ГА на дрейфующие льды). В связи с этим в РКИИГА профессор М. И. Финкельштейн сформулировал задачу формирования радиоимпульсов наносекундной длительности и испытания соответствующего радиолокатора в Арктике с небольшой вышки. На кафедре радиолокации РКИИГА были созданы две установки с пьедестальными модулирующими импульсами. Одна позволяла получить радиоимпульсы длительностью 15 Нс в трехсанитметровом диапазоне волн, а вторая - длительностью 20 Нс в диапазоне волн 30 см. В 1968 г. с помощью этик установок в устье реки Лены было показано наличие раздвоения сигналов на импульсы, отраженные от верхней и нижней границ льда. Интервал между этими импульсами характеризует толщину льда. Это послужило основой для поисковой научно-исследовательской работы по исследованию возможности измерения толщины льда методом радиозондирования с воздуха. В 1968 г. вышла книга В. В. Богородского «Физические методы исследования

ледников», где были изложены результаты радиолокационного зондирования и измерения ледников с толщиной порядка многих сотен метров с помощью штатных радиоимпульсных локаторов. Однако перед коллективом кафедры радиолокации РКИИГА стояла другая задача: измерение толщины тонких морских льдов, обладающих огромным затуханием в диапазонах сантиметровых и дециметровых волн. В 1968 г. в летных экспериментах под руководством А. Б. Бабаева (МЭИ) записывались Сигналы, полученные с помощью частотно-модулированных радиовысотомеров, на магнитофон и брались пробы льда в соответствующих районах. Последующий анализ в стационарных условиях показал наличие раздвоенных спектральных линий, свидетельствующих, как и в случае импульсного метода, о возможности измерения толщины льда. В этих экспериментах подтвердилось, что свойства морского льда быстро изменяются после извлечения образца из натурной среды. Вместе с тем известные в тот период, времени характеристики морского льда по зарубежным публикациям и данным советских исследований относились к лабораторным измерениям, не охватывали весь необходимый диапазон волн и были в ряде случаев противоречивыми. Поэтому возникла необходимость в проведении собственных натурных измерений [12.1-12.4]. В 1969 г. в районе мыса Тонкий были осуществлены экспериментальные работы по непосредственному зондированию льда с помощью просвечивания образцов сразу же после их извлечения из толщи льда (М. И. Финкельштейн, В. Г. Глушнев, В. Я. Иващенко, А. Н. Петров). Эксперименты на частотах 10^4 , 10^3 , 440 МГц проводились методом «двух толщин». Было определено удельное затухание радиоволн и выявлено наличие анизотропии затухания в вертикальной плоскости. В 1970 г. в том же районе на частоте 10^4 МГц было выявлено наличие анизотропии скорости распространения радиоволн. Важным экспериментальным результатом этик испытаний являлось осуществление ударного возбуждения вибраторных антенн, что позволило получить зондирующие импульсы длительностью 6 Нс на частоте 440 МГц. Это было развито в 1970 г. с полетных экспериментов на морском льду, а также наземных экспериментов на пресноводном озере, причем, кроме антенн 440 МГц, были применены специально изготовленные антенны 300 МГц (длительность радиоимпульсов 12 Нс) и 150 МГц (длительность 20 Нс). Были уточнены эффективные электрические характеристики морского льда [12.3-12.7] и доказана принципиальная возможность измерения толщины различных тонких льдов с борта летательного аппарата. Эти исследования явились основанием для развертывания в 1971-1972 гг. работ по исследованию радиолокационных методов измерения толщины морского льда. Высокое разрешение, получаемое за счет ударного возбуждения антенны, было использовано для обнаружения

ледовых трещин в Антарктиде. Такая задача решалась в 16-й Советской Антарктической экспедиции А. М. Клугой и нашла отражение в его исследовании радиолокационного метода для обнаружения ледниковых трещин [12.8]. В 1969 г. М. И. Финкельштейн предложил для измерения толщины морского льда методом синтезируемого видеоимпульсного сигнала [12.9], основанного на синтезе сигнала из 5...7-кратных гармонических составляющих в диапазоне, например, 25-125 МГц или 20-140 МГц с соответствующей коррекцией амплитуд и фаз составляющих. Это позволяет создать на дискретных (кратных) частотах так называемый обратный фильтр, выравнивающий (или сглаживающий) характеристику антенны. Коррекция должна производиться при полете над гладкой водной поверхностью. Все это позволяет снять противоречие между большим поглощением радиоволн при повышении частоты зондирующего сигнала и низкой разрешающей способностью по дальности при понижении частоты. Задача реализации данного метода была поручена В. А. Кутеву, который провел испытания аппаратуры в 1970 г. с поверхности морского льда. В 1971 г. с борта вертолета Ми-4 впервые была доказана возможность измерения толщины тонких морских льдов порядка нескольких десятков сантиметров [12.10-12.15]. В 1972 г. производилось определение точностных характеристик видеоимпульсного измерителя. Была зафиксирована относительная погрешность 5-10%. Следует отметить, что успеху работы способствовал анализ моделей льда, что нашло отражение и в работе В. Л. Мендельсона по исследованию электродинамических моделей льда в задачах радиолокационного зондирования, а затем в фундаментальном исследовании А. И. Козлова (1974 г.); оптимальная форма импульсов при зондировании морского льда была найдена М. И. Финкельштейном [12.16-12.26]. В 1973-1974 гг. выполнялась работа по исследованию вопросов повышения точностных характеристик и упрощению бортового макета прибора для измерения толщины морского льда. Точностные характеристики детально проверялись с применением аэрофотосъемки на полигоне ААНИИ в районе дрейфующей станции СП-22. В конце 1973 г. видеоимпульсный измеритель «Лед» был успешно использован для ледовой разведки в интересах продленной навигации в западной части Арктики. В начале 1974 г. он используется для выбора баз высокоширотной экспедиции, после чего аппаратура «Лед» и ее модификации ежегодно используются для ледовой разведки [12.27-12.29]. Основная роль по отработке методики применения и внедрению аппаратуры принадлежит сотруднику кафедры радиолокации РКИИГА Э. И. Лазареву. Активная работа по созданию промышленного прибора «Толщиномер морского льда» началась в РКИИГА совместно с проектно-конструкторским бюро в 1975 г. В 1974 г. на кафедре создается радиоимпульсный измеритель «Ледостав» (В. Г. Глушнев), а в 1975 г. с помощью специалиста Государственного гидрологического института А. Н.

Чижова проводятся его полигонные испытания на реке Печоре. В том же году видеоимпульсный измеритель «Лед» испытывается с борта палубного вертолета Ми-2 атомного ледокола «Арктика». В 1976 году производится модернизация видеоимпульсного измерителя путем ввода автосъема, доказывается возможность измерения толщины летнего льда при определенной степени разрушенности и начинается новый вид авиационных работ – плановые радиолокационные аэrolедомерные съемки, позволяющие в интересах гидрологии снять карту толщин льда на больших акваториях [12.29-12.39]. В последующие годы аппаратура «Лед» непрерывно совершенствовалась. В 1977 году видеоимпульсный измеритель «Лед» дополняется блоком автосъема. В этом же году аппаратура «Лед» используется не только для ледовой разведки и аэrolедомерных съемок, но и для строительства ледовых причалов и определения места вскрытия Енисейской, перемычки. Важнейшим результатом 1977 г. является применение аппаратуры «Лед» на борту судового вертолета во время плавания атомного ледокола «Арктика» на Северный полюс. В этом историческом плавании участвовали М. И. Финкельштейн и Э. И. Лазарев. Информацию о толщине льда со стрелочного прибора использовал судовой гидролог В. М. Лосев, который после анализа и визуального осмотра льда передавал ее на ходовой мостик. Выбор оптимального пути с помощью аппаратурой «Лед» ускорил в д в а з а сроки достижения полюса по сравнению с прогнозируемыми. Начиная с 1974 г. М. И. Финкельштейн развертывает исследования методов построения толщиномеров льда с непрерывным излучением и частотной модуляцией. Эти работы начал К. И. Клемято, который в 1977-1978 гг. использует на трассе БАМ толщиномер льда семисантиметрового диапазона волн, разработанный им на базе радиовысотомера РВ-5. В дальнейшем этот измеритель применяется для аэrolедомерных съемок на реке Волге, Ладожском и Онежском озерах, Финском заливе (А. И. Смутов, А. Н. Пешков) на трассе БАМ совместно с радиоимпульсным измерителем «Ледостав» на двух частотах (10000 и 300 МГц). В 1978 году М. И. Макурин совместно с В. Островенцом и А. Лазаревой начинает разрабатывать простой по конструкции частотный измеритель трехсантиметрового диапазона волн, который с помощью А. И. Смутова и К. И. Клемято реализуется в виде опытного прибора «Зимник». Этот прибор устанавливается в автомобиле и, начиная с 1980 г., широко используется в Якутской АССР и Красноярском крае для прокладки зимников, а также контроля состояния ледовых аэродромов, особенно в начале их эксплуатации (минимально измеряемая толщина льда 10 см) [12.32, 12.40-12.43]. Обоснования непрерывного метода подповерхностной радиолокации даны в работе К. И. Клемято по применению непрерывного метода радиолокации частотно-модулированными сигналами для подповерхностного зондирования слоистых земных покровов. Следует еще отметить доказанную в 1982-1984 гг. путем экспериментов в

Арктике возможность измерения толщины морского льда непосредственно с поверхности (Е. Ф. Богатырев, В. П. Золотарев, М. И. Финкельштейн). Это было осуществлено на базе аппаратуры, разработанной для подповерхностного зондирования торфа и других грунтов. В 1982 г. успешно проводятся государственные испытания первого промышленного прибора для измерения толщины морских и пресноводных льдов 'Аквамарин', и начинается его широкое использование для практических целей. Следует, например, выделить ежегодные (начиная с 1977 г.) аэроледомерные съемки устьев северных рек (Э. И. Лазарев, А. Г. Беликов, А. П. Бала- баев), которые проводились сперва с помощью аппаратуры «Лед». В декабре 1983 г. во время тяжелой ледовой обстановки в районе порта Певек вывод более чем 30 судов в западном направлении обеспечивался ледовой разведкой, базировавшейся на использовании прибора «Аквамарин». Начиная с 1980 года для повышения разрешающей способности и динамического диапазона измерителей толщины морского льда и других радиолокаторов подповерхностного зондирования в РКИИГА разрабатываются цифровые устройства обработки, использующие линейные и нелинейные методы обработки в виде обратной фильтрации, кепстрального анализа, авторегрессионного спектрального анализа, метода максимального правдоподобия [12. 44-12. 46]. В 1984 г. была опубликована монография «Радиолокационные аэроледомерные съемки рек, озер, водохранилищ» [12.39]. Наряду с измерением толщины льда в РКИИГА ведутся работы по зондированию снежных покровов, а также растительных покровов [12.47-12.54]. В 1984 году группе сотрудников РКИИГА (М. И. Финкельштейн, В. Г. Глушнев, Э. И. Лазарев) совместно с сотрудниками "проектно-конструкторского бюро Минморфлота, Арктического и Антарктического НИИ и Государственного гидрологического института была присуждена Г о с у д а р с т в е н н а я п р е м и я СССР «За разработку радиолокационного метода и создание бортовых приборов для измерения толщины морских и пресноводных льдов и внедрение их в народное хозяйство».

12.2. Применение подповерхностной радиолокации в инженерной геологии и археологии

В 1973 году группой ученых РКИИГА (М. И. Финкельштейн, А. Кутев, О. П. Власов и др.) в западной части низменных Каракумов было произведено подповерхностное радиолокационное зондирование с борта самолета Ан-2 с помощью аппарата с ударным возбуждением антенны, подобной той, что была при зондировании морского льда в 1970 г, но с другой антенной системой. При этом формировались зондирующие импульсы длительностью (на уровне 0,5) около 60 Нс. Были получены сигналы, отраженные от границ «воздух-песок» и «песок-грунтовые воды». Максимально зарегистрированный интервал времени

между сигналами 407 Нс (что соответствует глубине зондирования около 30 м) [12.55-12.58]. Аналогичные работы были продолжены в следующем году в северном Прибалхашье, а в 1975 г. - на севере Западной Сибири. В последнем случае получены сигналы, отраженные от границ между мерзлым торфом и супесью, супесью и суглинком, суглинком и песком на глубину до шести метров. Во всех указанных случаях «радиолокационный профиль» хорошо совпадал с результатами бурения. Данный этап работы нашел отражение в работе О. П. Власова по исследованию электрофизических характеристик слоистых земных покровов радиолокационным импульсным методом. Параллельно с работами по радиолокационному подповерхностному зондированию грунтов выполнялись исследования, связанные с дальнейшим совершенствованием используемой аппаратуры. В 1977 г. на кафедре радиолокации РКИИГА был разработан бортовой когерентный радиолокатор, в котором было реализовано сужение диаграммы направленности антенной системы в направлении полета самолета методом фильтрации нулевых доплеровских частот. Выбранный режим работы устройства обеспечивал сужение диаграммы направленности до 8^0 , что позволяло в значительной мере исключить влияние ложных отражений на результаты подповерхностного зондирования. Данный радиолокатор успешно использовался в работах по зондированию мерзлых грунтов на севере Западной Сибири, а также при определении с борта самолета глубины залегания уровня грунтовых вод в районе Каракумского канала и на территории Казахстана (1979-1982) [12.59-12.61]. В 1978 году был разработан наземный вариант радиолокационной аппаратуры, который был испытан в работах по зондированию торфа на торфяном массиве «Терлесово-Грядск^{ое}» в Калитгинской области (Е. Ф. Богатырев, О. П. Власов, В. А. Кутев, М. И. Финкельштейн). В этих экспериментах была доказана принципиальная возможность зондирования с поверхности торфяных грунтов высокой влажности, и намечены пути дальнейшего совершенствования аппаратуры. В 1980 г. макет наземного радиолокатора был усовершенствован с целью разделения процессов зондирования и представления информации. При этом запись радиолокационных сигналов осуществлялась на портативный магнитофон что позволяло существенно повысить мобильность установки. В период 1980-1983 гг. на территории Латвийской ССР, Ленинградской и Калининской областей проводилась опытная 'разведка торфяных месторождений (В. П. Золотарев, Л. М. Кофман, Г. Н. Сычев). Полученные результаты показали высокую эффективность применения радиолокационного подповерхностного зондирования торфяных грунтов для решения задач по оценке промышленных запасов торфа и расчленения его по степени разложения. Это явилось основой для разработки промышленного образца прибора [12.62]. В 1980-1981 гг. наземный вариант радиолокатора был использован также в работах по

контролю состояния уровня грунтовых вод на участке водозабора «Балтэзерс» Рижского района Латвийской ССР, где осуществлялось зондирование песчаного грунта в глубину до 7,5 м, а в 1982 году - для выполнения аналогичных работ на территории Казахстана [12.63-12.66]. В 1983-1984 гг. с помощью аппаратуры проводились работы по исследованию возможности практического использования радиолокационного подповерхностного зондирования в археологии (Е. Ф. Богатырев). Целью работ являлось уточнение местоположения погребенных фундаментов разрушенных зданий на территории Старой Риги. По результатам зондирования был составлен план расположения контуров зданий, представляющих научный интерес. Проведенные впоследствии археологические раскопки полностью подтвердили данные эксперимента.

12.3. Системы распыления сельхозреактивов с самолетов

Авиационные ученые РКИИГА принимали участие и в разработке теории и конструкции распылителей сельхозреактивов с самолетов, повышающих в десятки раз эффективность внесения удобрений и гербицидов (В. Е. Кастрорский, Ю. Г. Логачев). С 1962 года появился интерес к усовершенствованию авиационной сельскохозяйственной обработки. В этом году объем авиационных работ в сельском хозяйстве достиг 28,65 млн. га и продолжал интенсивно возрастать. Ю. Г. Логачев начал рассматривать постановку исследований, необходимых для усовершенствования авиационной распылительной аппаратуры. В 1962 г. были проведены исследования по выбору параметров дозвуковой аэродинамической трубы Т-4, специально предназначеннной для испытаний авиационной распылительной аппаратуры. В 1963 г. заведующим Рижской лабораторией аэродинамических исследований ГосНИИГА становится Л. Соломенский, а научным руководителем - доцент РКИИГА Ю. Т. Логачев. Основное внимание стало уделяться созданию специализированной эжектировальной трубы Т-4. Эта труба имела достаточно длинную рабочую часть закрытого типа с размерами поперечного сечения $1,5 \times 2 \text{ м}^2$. Работа трубы обеспечивалась эжектированием воздушного потока струей реактивного двигателя, что позволил^o производить распыливание различных веществ в ее рабочей части. Воздух засасывался из атмосферы. Скорость воздушного в рабочей части достигала 70-75 м/с. Труба Т-4 разрабатывалась^{св} и осваивалась под руководством Ю. Г. Логачева. Особенно много сделали при создании данной трубы Р. Р. Казак и Л. М. Соломенский. Параллельно с созданием Т-4 велись подготовительные работы по ее оснащению, освоению и подготовке исследований распылительной аппаратуры. В 1965 г. труба Т-4 вошла в строй. В этом же году начались исследования закономерностей, определяющих^{их} работу и аэродинамические характеристики авиационной распылительной аппаратуры. С 1966 по 1968 год в этих исследованиях^х на базе Рижской лаборатории аэродинамических исследований

ГосНИИГА принимали участие сотрудники ИСХСП ГА. Последний институт был создан в Краснодаре в 1965-1969 гг. выполнен большой объем экспериментальных исследований по выявлению путей усовершенствования авиационной распылительной аппаратуры и ее применения. Проведены испытания трех серий работающих аэродинамических распылителей в трубе Т-4. Выполнены исследования серии натурных распылителей с распыливанием суперфосфата^а для самолета Ан-2М. Проведение таких испытаний потребовало создания специальной установки для подачи и дозировки веществ с измерением его расхода. Исследовалось влияние различных факторов на аэродинамические характеристики туннельных распылителей и разрежение внутреннего воздушного потока в выходных сечениях их каналов в трубе Т-4. Для обеспечения таких испытаний также пришлось создавать специальные стенды, модели и оборудование. На специальном стенде и в трубе были проведены исследования^а по усовершенствованию двухлопастного распылителя 2К для самолета Ан-2. Проведены натурные испытания серии лопаточных веществ исследования влияния различных факторов на расход подаваемых из бака самолета Ан-2. Исследовались смешанные натурные струи в сносящем потоке трубы Т-4, выполнены систематические стендовые исследования пневмотранспорта различных веществ в различных каналах распылителей. Изучались возможности усовершенствования аппаратуры самолета Ан-2 для внесения известковых материалов с большими нормами. Подготавливались исследования спектра капельного распыла различных форсунок в потоке аэродинамической трубы Т-4. Для проведения указанных стендовых испытаний потребовалось создание специальных натурных стендов, оборудования контрольно-измерительной аппаратуры. Рассмотренные экспериментальные исследования авиационной распылительной аппаратуры были реализованы впервые. С 1970 года исследования по авиационной распылительной аппаратуре, руководимые Ю. Г. Логачевым, сосредоточились в РКИИГА. Основное внимание начинает уделяться расчетным исследованиям, математическому моделированию основных процессов авиационной обработки с использованием ЭЦВМ и исследованиям аэродинамических характеристик распылителей аппаратуры в аэродинамической трубе РКИИГА. Последнее потребовало создания специальной экспериментальной установки. Проводятся исследования аэродинамических характеристик ряда серий распылителей. Исследуется взаимное аэrodinamическое влияние распылителей и крыла. Разработанные и освоенные методы экспериментальных исследований представляют самостоятельный интерес. Ведущим исполнителем аэродинамических исследований являлся Е. С. Барышев. С 1971 года исследуются возможности авиационных центробежных разбрасывателей и разрабатываются их теоретические основы.

Осуществляется математическое моделирование работы рабочего колеса ЦБР с использованием ЭЦВМ, изучается влияние основных факторов на его работу. Моделируется осаждение различных веществ, рассеиваемых ЦБР. Некоторые закономерности работы ЦБР и осаждения рассеиваемых им частиц уточнялись на специальных стендах. С 1972 года ведущим исполнителем по ЦБР и авиационному опрыскиванию становится В. Е. Петров. Совместно с ВНИИ ПАНХ ГА и ОКБ О. К. Антонова рижские исследователи дорабатывают распылитель РТШ-1, серийный выпуск которого в ПНР начался с 1976 г. Оптимизируется туннельный распылитель вертолета Ка-26 (1970 г.), выбираются параметры и режимы работы ЦБР для самолета Ан-2М (1971 г.), выбирается ЦБР для вертолета Ка-26 (1972-1975 гг.). С 1979 года начато серийное производство этого ЦБР. Оптимизируются распылитель и опрыскиватель самолета М-15 (1973-1975 гг.), исследуются возможности сменной подвесной аппаратуры для вертолетов Ка-26 и Ми-2, уточняются параметры и режимы работы ЦБР, выбираются стабилизация и подвески (1976-1979 гг.). Исследуются возможности сменной подвесной распылительной аппаратуры с ЦБР вертолета Ми-8, выбираются ее подвеска и средства стабилизации, уточняются параметры и режимы работы ЦБР (1977-1982 гг.). С 1978 года оптимизируется авиационная распылительная аппаратура для самолетов ОКБ О. К. Антонова. Найдены пути интенсивного уменьшения лобового сопротивления эродинамических распылителей (в два раза) при сохранении работоспособности на уровне РТШ-1. Разрабатывается распылитель следующего поколения. В Сумском ОАО А. М. Педерием по разработкам РКИИГА к 1984 г. изготовлены распылители РТШ-С и РС-5. Первый распылитель обеспечивает уменьшение расхода топлива на 17% и значительное улучшение равномерности покрытия обрабатываемой поверхности по сравнению с РТШ-1 при такой же работоспособности. Второй распылитель предназначен для значительного повышения работоспособности. Прорабатываются следующее поколение центробежных разбрасывателей. Использование ступенчатого направленного выброса позволило интенсивно снизить затраты мощности и обеспечить высокую равномерность покрытия. Выбирается сменная подвесная аппаратура для рассеивания минеральных удобрений с вертолета Ка-32. Оцениваются возможности комбинированной распылительной аппаратуры.

12.4. Разработки и исследования

в области наземного применения авиационных двигателей

В области исследований по наземному применению авиадвигателей, отработавших летный ресурс, сотрудниками РО ГосНИИ ГА под руководством

доцента А. Н. Доброхотова были разработаны научные основы и практические рекомендации по освоению эксплуатации высокопроизводительных тепловых и газоструйных машин для удаления льда с взлетно-посадочной полосы (ВПП) и с поверхности самолетов. Результаты работы внедрены во многих аэропортах страны и в ряде отраслей народного хозяйства. При этом были решены такие важные задачи:

- разработка технических требований на аэродромные средства механизации на основе вторичного применения авиационных двигателей;
- оказание оперативной помощи эксплуатационным предприятиям по вопросам освоения новых машин и установок;
- обобщение и распространение передового отечественного и зарубежного опыта эксплуатации машин и установок с авиадвигателями, разработка предложений по повышению качества технического обслуживания авиационной техники и производства других работ с применением указанных выше машин и установок;
- научно-технического сопровождения эксплуатации газоструйной техники в аэропортах ГА;
- разработка прогрессивных и совершенствование существующих методов технического обслуживания авиационной техники в АТБ в аэропортах;
- изучение потребностей различных отраслей народного хозяйства в авиадвигателях с самолетов и вертолетов ГА, отработавших ресурс.

С первых лет после образования РО ГосНИИГА здесь проводились систематические работы по совершенствованию льдо-, снегоуборочных газоструйных средств механизации тепловых, ветровых и обдувочных машин. В те годы РО ГосНИИГА стала ведущим центром по обоснованию ресурсов авиа двигателей в условиях их работы на наземных машинах и установках. В связи с этим были разработаны Положение и Инструкция по установлению и реализации технического ресурса авиа двигателе АИ-20М для их наземного применения на аэродромных машинах. Первые тепловые машины, оборудованные двигателями АИ-20, были изготовлены и испытаны в РО ГосНИИГА в 1964 году (ТМ-59А). Длительная эксплуатация тепловой машины ТМ-59А в Рижском аэропорту и другие испытания позволили получить данные для подготовки технических требований на разработку опытного образца тепловой машины ТМ-59Б, который был изготовлен Рижским заводом МГА. Были произведены испытания по оценке производительности тепловой машины ТМ-59Б, оборудованной экраном для предотвращения эжекции атмосферного воздуха из-под соплового насадка. Производительность машины увеличивалась при этом на 20-30%. С этого же времени начались разработки по

созданию противогололедной тепловой машины принципиально новой схемы, получившей наименование АЛМИ-1. Реактивный двигатель АИ-20 на машине АЛМИ-1 приводил во вращение ротор электрогенератора, который вырабатывает электроэнергию для инфракрасного излучателя и одновременно генерирует газовый поток для сдува подплавленного излучателем льда с очищаемой поверхности. Применение тепловой машины с комбинированным воздействием инфракрасного излучения, уменьшающего адгезию льда с поверхностью, и кинетической энергией газовоздушного потока, генерируемого авиадвигателем АИ-20, в 2-3 раза повысило эффективность использования энергии топлива. В итоге в отделении, руководимом А. Н. Дорохотовым, был выполнен значительный объем работ по совершенствованию этой льдоуборочной машины, разработана программа и организована опытная эксплуатации двигателей АИ-20М на машинах АЛМИ-1. В последующие годы совместно с Латвийским управлением ГА в РО ГосНИИГА был разработан и изготовлен экспериментальный образец аэродромной ветровой машины с рабочим агрегатом-двигателем АИ-25, проведены ее газодинамические испытания. В итоге были проведены экспериментальные и теоретические исследования и разработаны рекомендации по выбору оптимальных режимов эксплуатации генераторов потока аэродромных уборочных машин. На основе этих рекомендаций НПО «Дормаш» был создан опытный образец машины Д-224А с двигателем АИ-25, испытания которого были проведены в аэропорту Внуково. В конце 60-х годов отделом РО ГосНИИГА под руководством А. Н. Дорохотова была предложена новая схема газоструйной машины для очистки ВПП от льда, снега, мусора на базе двигателя Д-20П. Основой схемы являлось применение двухконтурного двигателя с раздельным использованием рабочих потоков первого и второго контуров. Проведенные эксперименты позволили выявить характер изменения скорости и температуры вдоль осевой линии высокого- и низкотемпературных струй, как на значительном удалении от сопла, так и в непосредственной близости от него. Исследования показали, что при применении двухконтурных двигателей в качестве генераторов потока имеется возможность без увеличения расхода топлива, путем соответствующего регулирования площади выходных сечений сопел внутреннего и наружного контура оптимизировать значения параметров генерируемых потоков, влияющих на производительность машины при очистке покрытий от льда и снега. Отделение проводит работы по совершенствованию тепловых обдувочных машин, предназначенных для очистки от льда и снега поверхности самолетов на земле. Выполнен комплекс испытаний и исследований, направленных на создание новых тепловых обдувочных машин, удовлетворяющих современным требованиям эксплуатации, а

также на совершенствование технологии рабочего процесса обдувочных машин, находящихся в эксплуатации в аэропортах гражданской авиации. Тепловые обдувочные машины с генераторами потока - двигателями применяются в гражданской авиации начиная с 1963 г. По рекомендациям РО ГосНИИГА в Домодедовском прои производственном объединении ГА обдувочные машины оборудованы системой ограничения времени обдува обшивки. С 60-х годов в Отделении проводились разработки и по наземному применению авиадвигателей в различных отраслях народного хозяйства. Первая турбовинтовая теплогенераторная установка на базе двигателя АИ-20 была смонтирована в 1963 году на кукурузосушилке Черновицкого комбината хлебопродуктов снегоочистительные установки с двигателями АИ-20 были внедрены в эксплуатацию на Рижской ТЭЦ, Лебединском руднике, Белорецком металлургическом комбинате, Бежницком сталелитейном заводе, в Барсиковском рудоуправлении и на других промышленных предприятиях. Отделение участвовало в разработках по применению авиадвигателей и для создания вертикальных газовых струй с целью образования искусственной облачности, проводившихся Институтом прикладной геофизики. Совместно с Куйбышевским научно-исследовательским институтом нефтяной промышленности было разработано предложение по созданию газотурбинного привода со свободной турбиной для буровых установок с использованием отработавших ресурс двигателей АИ-20. Результаты исследования объединены в тематических сборниках и в трудах ЦИАМ [12.67]. РО ГосНИИГА вело систематическую работу и по оказанию разносторонней технической помощи предприятиям народного хозяйства Латвийской республики. По договору о сотрудничестве с Латвийским Управлением гражданской авиации осуществляется методическое руководство проведением испытаний и оказывается помощь Управлению и освоении эксплуатации новых тепловых, ветровых и обдувочных машин. При участии специалистов Рижского отделения ГосНИИГА ряд предприятий, народного хозяйства Латвии многие годы эффективно применяли установки с авиадвигателями. Такие установки были созданы для торфопредприятий «Седа» Латвийской ССР. Эта установка предназначена для очистки полувагонов от смерзшихся и налипших грузов. На станции Рига-Товарная создана была установка, предназначенная для очистки крыш железнодорожных вагонов перед ремонтом. Производительность установки - 30 вагонов в сутки. Установка эксплуатируется в вагонном депо ст. Рига-Товарная с 1979 года. Кроме того, такие установки эксплуатируются на механизированной дистанции погрузочно-разгрузочных работ Прибалтийской ж. д. на Рижской ТЭЦ. Установка предназначалась для очистки железнодорожных путей и стрелочных переводов, эксплуатируется с 1968 года. Рабочая производительность установки по

очистке путей составляла 8 км/ч. Всего по этим установкам А. Н. Доброхотов с соавторами получили 30 авторских свидетельств. С целью информации отраслевых министерств, ведомств, предприятий и организаций о возможности наземного применения авиадвигателей и популяризации этой проблемы по инициативе отделения на ВДНХ СССР неоднократно проводились специальные экспозиции по тематике «Наземное применение авиадвигателей в народном хозяйстве». При ГосНИИГА был создан научно-технический совет по проблеме наземного применения авиадвигателей, отработавших ресурс на самолетах и вертолетах, в состав которого вошли ответственные представители министерств, ведомств и предприятий народного хозяйства. По инициативе Рижского отделения ГосНИИГА и Межотраслевого института повышения квалификации специалистов народного хозяйства Латвийской ССР была организована подготовка специалистов в области наземного применения авиадвигателей, способных руководить проектными и монтажными работами, эксплуатацией и обслуживанием авиадвигателей. Подготовку прошли более 500 специалистов.

12.5. Другие работы авиационных ученых для народного хозяйства В числе других работ, выполненных рижскими авиационными учеными в интересах народного хозяйства республики, следует отметить работы по промышленной аэrodинамике. В аэrodинамических трубах малых скоростей РО ГосНИИГА были изучены ветровые воздействия на модели здания Латвийского Гостелерадио, а также стеллы памятника воинам-освободителям города Риги. Выполненные работы позволили произвести динамический расчет этих сооружений и дать обоснованные рекомендации по запасам прочности при действии ветровых нагрузок. Задачи, которые ставят перед авиаторами народнохозяйственные планы страны, включают в себя и такие вопросы, как транспортировка по воздуху крупногабаритных грузов. В РКИИГА с 1980 года под руководством Ю. Г. Логачева проводились исследования по усовершенствованию транспортировки грузов вертолетами на свободной внешней подвеске. Были проведены исследования стабилизации различных грузов на различных подвесках и выявлены возможные пути стабилизации и ее наиболее универсальные варианты. В этих исследованиях участвовали Н. П. Серебряков, М. В. Ушаков и Э. В. Мовсесян. Работа выполнялась совместно с ГосНИИГА при участии МВЗ им. Миля и УВЗ им. Камова. Устранение раскачки грузов позволило повысить скорости полета, что обеспечило повышение производительности и снижение расхода топлива при повышении безопасности полета. Например, при транспортировке вертолетами Ми-6 и Ми-8 связок труб с использованием рекомендуемых средств производительность полета возрастает в 1,37 раза и

километровый расход топлива падает в 1,31 и 1,24 раза по сравнению с существующей транспортировкой и при транспортировке связок досок производительность полета растет на 2,75 раза и километровый расход уменьшается в 2,942,27 раза. Это дает значительный экономический эффект. Другой народнохозяйственной задачей, решавшейся также в Риге на базе достижений по изучению нестационарной аэrodинамики, была, как уже отмечалось выше, разработка эффективных ветродвигателей. Одной из областей возможного применения управляемых Самоколебаний (управляемого флаттера) крыла является использование крыльчатых ветроколес с самоколеблющимися лопастями. Такие ветроколеса имеют улучшенные аэродинамические характеристики по сравнению с ветроколесами обычных типов [12.57]. При колебаниях лопасти крыльчатого ветроколеса вокруг продольной оси такая лопасть, в свою очередь, превращается в подобие ветродвигателя с вертикальной осью вращения или, точнее, с осью вращения, направленной поперек потока. В известном смысле ветроколесо с упруго подвешенными лопастями, способными совершать в потоке относительно продольной они установившиеся колебания больших амплитуд, представляет собой комбинацию основного крыльчатого ветродвигателя, имеющего горизонтальную ось вращения (вдоль потока), с несколькими дополнительными ветродвигателями с осями вращения, расположенными поперек потока (в частном случае ось вертикальна). Такой комбинированный ветродвигатель приобретает новые аэродинамические характеристики, отличные от характеристик ветроколес с неподвижными лопастями.

Одним из ведущих ученых в данной области, создавшим в Латвии к 80-м годам свою научную школу, является Моисей Ионович Финкельштейн.



Моисей Финкельштейн

(1922-1992)

проф. д.т.н., Почетный полярник (1977),
Заслуженный деятель науки и техники
ЛССР (1982), лауреат

Государственной премии СССР (1984).

ru.wikipedia.org/wiki/Финкельштейн

М.И. Финкельштейн родился в Одессе (1922). После окончания школы в 1939 году поступил в МГУ. С началом Великой Отечественной войны, как один из лучших студентов, был переведен для продолжения учебы в Военно-воздушную инженерную академию им. Н. Е. Жуковского (Москва). Академию закончил в победоносном для страны 1945 году и был направлен в Феодосию (Крым) в научно-испытательный центр ВВС. Вскоре был переведен в Военно-морское авиационное училище связи в Новоград-Волынский. В 1953 году это училище перебазируется в Ригу, столицу Латвийской ССР, которая постепенно становилась одним из крупных индустриальных центров Советской Прибалтики, в которую по решениям

различных ведомств постепенно переводились учебные заведения военно-технической ориентации. Военно-морское училище располагалось в специально построенном и оснащённом помещении по адресу Улица Эзермалас, 2. В 1957 году училище было передано в состав учебных заведений, находившихся в ведомстве ВВС, в связи с этим последовало новое переименование: заведение стало называться Рижским военным авиационным радиотехническим училищем (РВАРТУ). В 1967 году была произведена реорганизация училища — оно приобрело статус Высшего военного училища (РВВИАУ). В этом же 1967 году ему было присвоено имя командующего ВВС СССР с 1931 года Якова Ивановича Алксниса. В 1960 году в Риге на базе расформированного Высшего военного авиационного инженерного училища (РКВИАВУ) создается институт инженеров Гражданского воздушного флота (РИИГВФ, с 1967 г. РКИИГА) и М.И. Финкельштейн становится заведующий кафедрой радиолокации, которую и возглавлял до ухода из жизни в 1992 году. В 1967 году защитил докторскую диссертацию и в этом же году ему было присвоено ученое звание-профессор. М.И. Финкельштейн был одним из выдающихся специалистов в области радиолокации. Под его руководством сформировалась при кафедре Научная школа по данному направлению, из которой вышло несколько десятков кандидатов и докторов наук. Он был автором и соавтором 150 научных публикаций и 27 изобретений, многих учебников, в том числе, базовых, и учебных пособий, книг и монографий по радиолокации, в том числе «Основы радиолокации»- учебник (1983) и монография - «Радиолокация слоистых земных покровов» (1977). Важнейшим достижением его научной деятельности можно считать разработанный им метод синтезирования сверхширокополосных видео импульсных сигналов для подповерхностного зондирования, что стало основанием для исследований в созданной им в 1976 проблемной научно-исследовательской лаборатории авиационной подповерхностной радиолокации. В лаборатории под его руководством была разработана уникальная аппаратура для подповерхностной радиолокации, которая использовалась при радиолокационных аэрорадарных съемках, выполнявшихся в течение десяти лет сотрудниками РКИИГА совместно со специалистами ледовой разведки Государственного гидрологического института (ГГИ) и Арктического и Антарктического института (ААНИИ). Проведены электрофизические исследования льда и снега и особенности пространственного распределения толщины ледяного покрова рек, озер и водохранилищ. М.И. Финкельштейн Участвовал в экспедиции (1977) на Северный полюс на атомном ледоколе «Арктика», где проводил испытания созданной под его руководством аппаратуры для измерения толщины льда. Разрабатывал методы космической подповерхностной радиолокации (проекты «Фобос», «Марс»). За выдающиеся заслуги в науке и внедрении результатов в практическую деятельность в 1984 г. М.И. Финкельштейн стал лауреатом Государственной премии СССР. Он также является Почетным полярником (1977), и Заслуженным деятелем науки и техники ЛатвССР (1982). М.И. Финкельштейн ушел из жизни в 1992 году.

Библиографический список литературы к главе 12.

- 12.1. Финкельштейн М. И., Глушнев В. Г., Петров А. Н. Об анизотропии затухания радиоволн в морском льду. //Изв.АН СССР: Сер. Физика атмосферы и океана. 1970. Т. 6.
- 12.2. Калери Е. Ю., Клуга А. М., Петров А. Н., Финкельштейн М. И. Об анизотропии запаздывания радиоволн в морском льду. //Изв.АН СССР: Сер. Физика атмосферы и океана. 1971. Т. 7.
- 12.3. Финкельштейн М. И., Глушнев В. Г., Петров А. Н. Радиолокационное зондирование озерного льда. //Изв. АН СССР: "Сер. Физика атмосферы и океана. 1971. Т. 7. N 12.
- 12.4. Финкельштейн М. И., Глушнев В. Г. О некоторых электрофизическých характеристиках льда, измеренных путем радиолокационного зондирования в метровом диапазоне волн. //ДАН СССР, 1972. Т. 203: N 3.
- 12.5. Глушнев В. Г. Формирование радиоимпульсов наносекундной длительности с помощью магнетропного генератора с подвоздушением. //Труды РКИИГА, вып.209.
- 12.6. Глушнев В. Г. Формирование наносекундных радиоимпульсов методом ударного возбуждения антенны. //Труды РКИИГА. Рига, 1972. Вып. 228.
- 12.7. А. С. N 353204, СССР. Устройство для измерения толщины морского льда. Финкельштейн М. И., Глушнев В. Г., 1969.

- 12.8. Клуга А. М., Трепов Г. В., Федоров Б. А., Хохлов Г. П. Некоторые результаты радиолокационного зондирования ледников в Антарктиде летом 1970/71 г. //Труды 16-й Советской Антарктической экспедиции, 1973.
- 12.9. А. С. № 309601, СССР. Радиолокационный способ измерения толщины льда с воздуха. Финкельштейн М. И., 1969.
- 12.24. Финкельштейн М., Мендельсон В. Л., Кутев В. А. Радиолокация слоистых земных покровов. М.: Сов. радио, 1977.
- 12.25. Ф и н к е л ь ш т е й н М. И. Подповерхностная радиолокация. //Радиотехника. 1977. Т. 32. № 11.
- 12.26. Ф и н к е л ь ш т е й н М. И. Об оптимальной форме импульсов при радиолокационном зондировании морского льда. //Радиотехника и электроника. 1970. Т. 15. № 12.
- 12.27. Бушуев А. В., "Лазарев Э. И., Финкельштейн М. И. Анализ результатов применения видеомпульсного измерителя толщины морского льда в ледовой разведке. //Труды АА НИИ, 1977.
- 12.28. Ф и н к е л ь ш т е й н М. И., Лазарев Э. И. Видеомпульсный измеритель толщины морского льда как новое эффективное средство ледовой разведки. //Труды АА НИИ, 1977- № 343
- 12.29 Л а з а р е в Э. И. Об использовании радиолокационного видеомпульсного измерителя толщины морского льда летом- /Труды АА НИИ, 1981
- 12.30, Финкельштейн М. И., Лазарев Э. И. Об использовании радиолокационного видеомпульсного измерителя толщины морского льда во время похода а/л «Арктика» на Северный полюс. Труды АН НИИ, 1981. № 388.
- 12.31. Глушнев В. Г., Слуцкер Б. Д., Чижов А. Н. Методические основы радиолокационного измерения толщины пресноводного ледяного покрова. //Труды координационных совещаний по гидротехнике, 1976. Вып. 3.
- 12.32- К л е м я т о К. И. и др. Методы проведения и обработки результатов радиолокационных аэроледомерных съемок морских и пресноводных льдов в Арктике и на внутренних водоемах СССР- //Научный совет по комплексной проблеме «Статистическая радиофизика». М., 1983:
- 12.33. Глушнев В. Г., Слуцкер Б. Д., Чижов А. Н. Некоторые результаты радиолокационного зондирования пресноводного льда, покрытого снегом, //Вопросы гидрологического приборостроения. Л., 1977.
- X2.34. Чижов А.Н., Глушнев В. Г., Слуцкер Б.Д., Бородулин В. В. Исследование радиолокационного метода при измерении ледяного покрова рек и водохранилищ- //Труды ГГИ, 1977. Вып. 245
- 12.35. Ч и ж о в А. Н., Г л у ш н е в В. Г., С л у ц к е р Б. Д. Радиолокационный импульсный метод измерения толщины ледяного покрова. //Метеорология и гидрология. 1974. № 4.
- 12.36. А р и с т о в В. Н., Л а з а р е в А. П. Система автоопровождения. //Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в ГА: Меж. вуз. сб. науч. тр. /РКИИГА. Рига, 1980.
- 12.37. Ф и н к е л ь ш т е й н М. И. Анализ некоторых методов измерения толщины морского и пресноводного льдов. //Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в ГА: Межвуз. сб. науч. тр. /РКИИГА. Рига, 1977.
- 12.38- Глушнев В. Г., Лазарев Э. И., Финкельштейн М. И. Результаты практического использования радиолокационных толщиномеров морских и пресноводных льдов для аэроледомерных съемок/Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в ГА: Межвуз, сб, науч. тр. /РКИИГА. Рига, 1977,
- 12.39. Финкельштейн.М. И., Лазарев Э. И., Чижов А. Н. Радибллакционные аэроледомерные съемки рек, озер, водохранилищ. Л.: Гидрометеоиздат, 1984.
- 12.40. К л е м я т о К. И., С м у т о в А. И. Некоторые результаты экспериментального исследования радиолокационных толщиномеров пресноводного льда с частотной модуляцией. //Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в ГА. Межвуз. сб. науч. тр./РКИИГА. Рига, 1980.
- 12.41 Клемято К. И., Смутов А. И. Основные результаты натурных испытаний радиолокационных толщиномеров льда с частотной модуляцией. //Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в ГА: Межвуз, сб. науч. тр. /РКИИГА. Рига, 1981.
- 12.42 Клемято К. И. О результатах экспериментальной проверки одного варианта толщиномера пресноводного льда с частотной модуляцией. //Теория и техника радиолокации, радионавигации и

радиосвязи в ГА: Межвуз. сб. науч, тр. /РКИИГА. Рига, 1977.

12.43- К л е м я т о К. И., Мак у р и н М. И., С м у т о в А. И. О применении радиолокационных толщиномеров пресноводного льда, //Материалы гляциологических исследований. Хроника, Обсуждения - М., 1982.

12.44. К а р п у х и н В. И., П е ш к о в А. Н. Предельная точность оценки разности неэнергетических параметров когерентных сигналов при квазиоптическом приеме. //Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в ГА: Межвуз, сб. науч, тр. /РКИИГА. Рига, 1982.

12.45. А в в а к у м о в С. Ю., М е т е л к и н В. Н. Статистический анализ устройства кепстральной обработки, использующей авторегрессионный метод спектрального анализа. //Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в ГА: Межвуз. сб. науч, тр. /РКИИГА. Рига, 1984,

12.46. А в в а к у м о в С. Ю., Александров А. И., Метелкин В. Н., Финкельштейн М. И. Кепстральная обработка сигналов в задачах подповерхностной радиолокации. //Радиотехника и электроника, 1984.

12.47. Г л у ш н е в В. Г., С л у ц к е р Б. Д. Об измерении затухания радиоволн 'восьмимиллиметрового' диапазона в морском и пресноводном льдах. //Изв. ВУЗ СССР: Сер. Радиофизика, 1976, Т- 194.

12.48- Глушиев В. Г., Слупкер Б. Д., Финкельштейн М. И. Об измерении некоторых электрофизических характеристик при радиолокационном зондировании мерзлых почв- //Изв. ВУЗ, Сер. Радиофизика, 1976.

12.49. Мендельсон В. Л. Об электрических характеристиках снега и льда. //Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в ГА: Межвуз. сб. науч, тр. /РКИИГА. Рига, 1980.

12.50. П е ш к о в А. Н. Некоторые результаты экспериментального исследования радиоимпульсного метода зондирования пресного льда. //Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в ГА: Межвуз. сб. науч, тр. /РКИИГА, Рига, 1980.

12.53. П е ш к о в А. Н., Карпухин В. И. О радиолокационном зондировании растительного покрова. //Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в ГА: Межвуз. сб. науч, тр. /РКИИГА. Рига, 1981.

12.54. П е ш к о в А. Н. К р о х о в С. И., М о с и е н к о Ю. В. Некоторые результаты зондирования снежного покрова всенитиметровом и оптическом диапазонах волн: //Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в ГА: Межвуз. сб. науч, тр. /РКИИГА. Рига, 1982.

12.55. Финкельштейн М. И., Кутев В. А., Власов О. П. Радиолокационное зондирование грунтовых вод под слоем песка. //ДАН СССР, 1974. Т.219.№6.

12.56.Ф и н к е л ю ш т е й н М. И., Кутев В. А., Власов О. П. и др. Радиолокационное подповерхностное зондирование торфяного грунта. //АН СССР, 1979. Т. 247. М 4.

12.57. А. С. N 123889, СССР, 1959. Быстроходный динамический ветродвигатель. Виноградов Р. И.

12.58. А. С. Ns 565265, СССР. Толщиномер морского льда. Кутев К А., Лазарев Э. И., Финкельштейн М. И., 1974.

12.59. Ф и н к е л ю ш т е й н М. И., Кутев В. А. О зондировании морского льда при помощи последовательности видеопульсов. //Радиотехника и электроника. 1972. Т. 17. Ns 10.

12.60. Кутев В. А., Лазарев Э. И., Мендельсон В. Л., Финкельштейн М. И. Некоторые результаты экспериментального исследования видеопульсного метода радиолокационного зондирования морского льда. //Труды РКИИГА. Рига, 1974. Вып. 254.

12.61. Финкельштейн М. И., Кутев В. А., Глушнев В. Г. и др. О результатах радиолокационного зондирования морских и пресноводных льдов с борта летательного аппарата. //Труды 11-й Всесоюзной конференции по распространению радиоволн, Казань, 1975. Т. 3.

12.62. Финкельштейн М. И., Кутев В. А., Глушнев В. Г., р е в Э. И. О дистанционном измерении толщины морского льда ми радиолокации. //Труды АА НИИ, 1975. Т. 326.

12.63. Глушиев В. Г., Кутев В. А., Лазарев Э. И. и др. О точностных характеристиках видеопульсного метода радиолокационного зондирования морского льда. //Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в гражданской авиации: Межвуз. сб. науч, тр. РКИИГА.

Рига, 1974.

- 12.64. Мендельсон В. Л. Об отражении плоских волн от неоднородной слоистой среды. //Вопросы радиоэлектроники: Серия общетехническая, 1968. Вып. 1.
- 12.65. Мендельсон В. Л., Козлов А. И., Финкельштейн М. И. Исследование некоторых электродинамических моделей льда в задачах радиолокационного зондирования. //Изв. АН ССР: Сер. Физика атмосферы и океана. 1972. Т. 8. № 4.
- 12.66. Козлов А. И., Мендельсон В. Л. Диаграммы рассеяния и диаграммы обратного рассеяния отражающей слоистой структуры. //Вопросы радиоэлектроники: Серия общетехническая. 1971.. Вып. 10.
- 12.67. Финкельштейн М. И. Некоторые вопросы радиолокационного зондирования тонких слоистых сред. //Радиотехника и электроника. 1971. Т. 19. №43.
- 12.68. Козлов А. И., Мендельсон В. Л. Зависимость диаграммы рассеяния и диаграммы обратного рассеяния от статических и электрофизических свойств отражающей слоистой структуры. //Вопросы радиоэлектронники: Серия общетехническая. 1969. Вып. 12.
- 12.69. Финкельштейн М. И., Козлов А. И., Мендельсон В. Л. О моделировании отражения радиоволн от морского льда. //Радиотехника и электроника. 1970. Т. 15. № 11.
- 12.70. Кутев В. А., Мендельсон В. Л., Финкельштейн М. И. О форме отраженных сигналов при видеоимпульсном зондировании морского льда. //Труды РКИИГА. Рига, 1971. Вып. 209.
- 12.71. Козлов А. И., Моргунов А. Д. Отражение плоской волны от слоя с экспоненциально изменяющейся диэлектрической проницаемостью. /Труды РКИИГА, 1969. Вып. 127,

Г л а в а 13. Разработка и создание автоматизированных систем управления в Гражданской авиации

В апреле 1963 г. на базе вычислительной лаборатории РКИИГА был создан Вычислительный центр (ВЦ) гражданской авиации, перед которым были поставлены задачи разработки и внедрения систем учета, планирования и управления производственно-хозяйственной деятельностью гражданской авиации с применением экономико-математических методов и ЭВМ. Опыт работы этой новой организации показал, что разработка и внедрение автоматизированных систем учета, планирования и управления не только помогают решению стоящих перед отраслью задач, но и оказывают существенное влияние на ее развитие. В следующем 1964 г. ВЦ был преобразован в Научно-вычислительный центр гражданской авиации (НВЦ ГА). Деятельность НВЦ, возглавляемого к.т.н., доцентом Л. Ф. Красниковым, была направлена на разработку локальных задач сбора информации и планирования по направлениям: прогнозирование пассажирских потоков, составление годового плана движения самолетов, материально-техническое обеспечение предприятий ГА о снабжение ГСМ, подготовка самолетов к ремонту, составление расписания движения самолетов. В рамках работ по составлению расписания движения самолетов, руководимых д.т.н., профессором Х. Б. Кордонским (РКИИГА), и НВЦ ГА решались оптимизационные задачи расчета маршрутов движения самолетов, синхронизации рейсов, построения графиков оборота самолетов, автоматизации типографского набора. 13 это же время под руководством д.т.н., профессора Ю. М. Парамонова (РКИИГА) работниками НВЦ ГА был выполнен большой цикл работ по прогнозированию пассажирских перевозок, использованию аппарата линейного программирования при составлении годового плана движения самолетов. Результаты исследований быстро внедрились в практику ГА. Так, например, результатом работ, выполненных под руководством к.т.н. В. И. Хореева, явилось внедрение двух централизованных подсистем годового планирования снабжения для транспортных предприятий гражданской авиации и авиаремзаводов. В НВЦ интенсивно развивались и исследования, связанные с автоматизацией управления инженерно-авиационной службой и авиаремонтными предприятиями ГА. Началась разработка системы, автоматизирующей учет, планирование и управление отходом самолетов в ремонт на ЭВМ второго поколения. В решении этих задач использовались эвристические алгоритмы. Система, разработанная под руководством к.т.н. Э. Б. Столярова, решала ряд задач по учету наличия и ресурсного состояния самолетов, управлению отработкой ресурса самолетов. Эта система позволила также вести анализ выполнения графика ремонта самолетов. Другой системой, связанной с управлением состоянием авиационной техники, была автоматизированная система управления ремонтным производством

(система «Резерв»), построенная на базе сетевой модели процесса ремонта, что с учетом ресурсов предприятия позволило рационально планировать и управлять ходом производственного процесса. Опыт продолжительной эксплуатации этой системы (руководитель разработки - к.т.н. Г. Т. Кальченко) показал ее высокую экономическую эффективность. В те же годы под руководством В. И. Коромыслова начались работы по автоматизации снабжения эксплуатационных предприятий ГА авиаГСМ. На первом этапе были автоматизированы процессы обработки на ЭВМ сообщений, поступающих по телеграфным каналам связи, о движении авиатоплива в аэропортах, а также решение задач по прогнозированию месячных расходов. Кроме того, решались задачи оптимального планирования снабжения авиаГСМ. В решении этих задач использовались методы параметрического моделирования, линейного программирования и экспоненциального сглаживания. С учетом перспектив развития гражданской авиации, высокой эффективности разрабатываемых АСУ и в целях дальнейшего совершенствования управления производственно-хозяйственной деятельностью отрасли на основе автоматизированных систем управления решением Коллегии Государственного комитета по науке и технике от 13 июля 1971 г. Научно-вычислительный центр ГА был преобразован в Центральный научно-исследовательский институт автоматизированных систем управления гражданской авиации (ЦНИИАСУГА). Профиль института определялся разработкой научно-теоретических основ построения и развитии комплекса взаимосвязанных автоматизированных систем управления для нужд гражданской авиации, исследованием и проектированием отраслевой АСУГА (ОАСУГА), а также АСУ для транспортных и ремонтных предприятий и обслуживания авиапассажиров. Ее круг работ, выполняемых вновь созданным институтом, вошли работы по координации усилий всех организаций по разработке АСУ для гражданской авиации. Начальником института был назначен к.т.н. Г. Т. Кальченко. Программами работ на девятую пятилетку предусматривала начало разработки ОАСУГА для обслуживания центрального аппарата Министерства, а также ряда входящих в нее подсистем различных уровней для обслуживания аппарата производственных управлений ГА и основных предприятий (объединенные авиаотряды, самостоятельные аэропорты, авиаремзаводы). Была предусмотрена разработка ряда внеинерархических организационно-технологических автоматизированных систем. В годы девятой пятилетки работы по созданию отраслевых АСУГА развернулись широким фронтом. Наиболее сложные задачи пришлось решать разработчикам подсистемы «Транспорт». Разработка велась одновременно по пяти взаимосвязанным комплексам задач: прогнозирование спроса на пассажирские перевозки, составление плана движения самолетов, составление и тиражирование

расписания движения самолетов, а также расчет основных производственных показателей транспортной авиации и составление справочных и отчетных материалов по итогам деятельности ГА. Руководили этими разработками профессор, д.т.н. Ю. М. Парамонов, к.т.н. В. З. Дачковский. Под руководством д.т.н. А. М. Андронова было автоматизировано решение ряда задач перспективного планирования развития отрасли: перспективное развитие сети аэропортов, авиалиний и авиаремонтных заводов. Задачи автоматизации материально-технического снабжения ГА решались в рамках ОАСУ подсистемой АСУ МТС (руководители работ В. А. Алексеенко, к.т.н. А. П. Анищенко). Другой подсистемой ОАСУГА, вплотную примыкающей к АСУ МТС, была система учета, планирования и управления снабжением предприятий ГА авиаГСМ (АСУ ГСМ). С помощью этой системы удалось решить ряд задач, связанных с обработкой информации о движении авиаГСМ, расчетом и обоснованием потребностей МГА в авиа горючем, распределением фондов поставщиков по потребителям. Перечисленные задачи решались на базе семи подсистем АСУ ГСМ, руководителем разработки которых был В. И. Коромыслов. В 1971 г. начались и позже широко развернулись работы по созданию автоматизированных систем управления производственными управлениями и подразделениями гражданской авиации с целью обеспечения наилучшего использования материальных и трудовых ресурсов, повышения технико-экономических показателей деятельности управлений ГА, а также объединенных авиаотрядов и аэропортов. Разрабатываемая в семидесятых годах в рамках ОАСУ система автоматизации процессов учета, планирования и управления производственно-хозяйственной деятельностью ремзавода ГА (руководитель работ к.т.н. А. П. Поливанов, а позднее - к.т.н. Н. Н. Демидов) успешно решала задачи сокращения продолжительности ремонта самолетов. Используя опыт, накопленный в 60-е годы при разработке АСУ «Резерв», разработчики создали комплексную трехуровневую сетевую модель объекта ремонта (самолета) с числом работ и модели - до 4000. Создание этой системы было большим достижением в области автоматизации ремонтного производства. Одновременно с разработкой ОАСУГА и ее подсистем велись работы по созданию внешнеархитектурных автоматизированных систем управления ГА. К их числу в первую очередь необходимо отнести работы по автоматизации задач, определяющих факторы безопасности полетов и надежности авиационной техники, силами специально созданной лаборатории управления факторами безопасности полетов (руководитель д.т.н. А. 1. Гамулин). Совместно и во взаимодействии с органами МГА, возглавляющими работу по обеспечению безопасности полетов, и другими организациями была разработана и внедрена в промышленную эксплуатацию первая очередь АСУ «Безопасность». С целью

наилучшего удовлетворения спроса на авиаперевозки пассажиров, одновременно с разработкой ОАСУ велась разработка общесоюзной автоматизированной системы управления продажей билетов и бронированием мест на воздушных линиях. Система предназначалась для автоматизации процессов, связанных с продажей авиабилетов и бронированием мест, контроля за движением транзитных пассажиров, учета и оформления отчетных документов по пассажирским перевозкам и реализации функций информационно-справочной службы. Система состояла из ряда зональных подсистем, охватывающих территорию СССР. Четыре зональные подсистемы располагались в кустовых НВЦ, образующих единую систему. Руководил разработкой этой системы д.т.н. В. А. Жожикашвили. В разработке этой системы, известной как АСУ «Сирена», участвовал ряд организаций. Ведущее место среди них занимали ИПУ (ИАТ) АН СССР и Минприбора, НИИ УВМ Минприбора (г. Северодонецк), ГВЦГА, ЦНИИАСУГА. «Сирена» позволила оперативно управлять продажей и бронированием билетов. Первая очередь этой системы была внедрена уже в 1973 году. В годы 10-й пятилетки была создана научно-теоретическая, методическая, организационная и материально-техническая база дальнейшего развития автоматизированных систем управления отрасли. Развернулись работы по созданию диалоговых систем управления. Расширились работы по автоматизации транспортной деятельности ГА (руководитель — к.т.н. А. Б. Фрайман). В 1976 году начались работы по созданию автоматизированного контура текущего планирования снабжения транспортной деятельности. В рамках этих работ была создана комплексная автоматизированная подсистема нормирования расхода авиационно-технического имущества на отраслевом уровне (АСУ КАСН). Продолжались работы по расширению круга функциональных задач процессов разработки авиарасписания. Решена задача навигационного расчета расписания в стохастической постановке и использования фотонабора для издания РДС (руководитель работ — В. З. Дачковский). В этот же период развернулись работы по автоматизации ряда новых задач для авиапредприятий. Объектами автоматизации стали технологические процессы, производственно-хозяйственная деятельность: началась разработка автоматизированной системы продажи билетов и резервирования мест. Первая АСУ ТП, разработка которой началась в 10-й пятилетке, была внедрена в аэропорту Внуково. В период 1977-1980 гг. практически были завершены работы по созданию отраслевого банка данных, содержащего информацию о наличии, состоянии и движении самолето-вертолетного и двигательного парка на ЭВМ 3-го поколения. Началась работа по созданию АСУ "инженерно-авиационной службой, в которой на базе отраслевого информационного банка данных о наличии, состоянии и движении всего парка был разработан, а позднее сдан в эксплуатацию комплекс подсистем: информационно-справочная служба анализа использования двигательного парка, текущее планирование состояния двигательного парка, а также

модифицированная система отхода в ремонт. Продолжалась интенсивная работа по автоматизации безопасности полетов (1976 г. — 1-я очередь АСУ «Безопасность», 1980 г. — 2-я очередь системы). АСУ «Безопасность» позволила значительно расширить круг технологических процессов, обеспечивающих безопасность полетов, расширить информационную базу за счет мероприятий по повышению уровня безопасности полетов. По завершению работ 2-й очереди развернулось тиражирование АСУ «Безопасность» на региональном уровне и разработка многоуровневой АСУ. Всего за время 10-й пятилетки автоматизацией было охвачено 26 организаций-пользователей, для которых было разработано более чем 60 АСУ. В 11-й пятилетке реализуется задача создания фрагмента информационно-вычислительной сети (ИВС) ГА, состоящего из фрагментов отраслевой ИВС ГА и четырех региональных ИВС ГА. В рамках создания фрагмента ИВС ГА предусмотрены разработки и внедрение общесистемных средств сбора, передачи и представления информации, работающих на принципах телеобработки и реальном масштабе времени, а также интерфейсов между средствами ИВС ГА и локальными видами обеспечений отдельных АСУ на информационном, техническом и программном уровнях. За годы, прошедшие с момента создания первого вычислительного центра и до наших дней, учеными Латвийской ССР, работающими в области создания автоматизированных систем управления и гражданской авиации, было разработано более 400 автоматизированных систем и комплексов задач. Научные достижения и результаты их практического внедрения постоянно экспонируются на ВДНХ СССР (награждены 5 золотыми, 22 серебряными и 76 бронзовыми медалями). За комплекс научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ по совершенствованию текущего планирования и управления транспортной деятельностью гражданской авиации на основе автоматизированных систем 14 сотрудникам ЦНИИАСУГА присуждена премия Совета Министров СССР 1982 года. Так, методы кибернетического управления производственно-техническими процессами современной авиации вошли в жизнь и практику гражданской авиации благодаря целенаправленному труду рижских исследователей.

Библиографический список литературы к главе 13.

- 13.1. А н д р о н о в А. М. Теория кассового обслуживания и научная организация труда в гражданской авиации. М.: РИО МГА, 1968. 118 с.
- 13.2. А н д р о н о в А. М., Х ж и д а А. Н. Математические методы планирования и управления производственно-хозяйственной деятельности о ГА. М.: Транспорт, 1977. 212 с.
- 13.3. Соломатин В. А., Тищенко О. И. Антабегов Л. Д и др. Технологическая схема функционирования автоматизированной системы текущего планирования пассажирских авиаперевозок. //Труды ЦНИИАСУГА, 1974. Вып. 10.
- 13.4. А л и ф а н а в В. А и др. Распределение авиалиний между эксплуатационными предприятиями ГА при составлении плана движения самолетов, //Труды ГосНИИГА. М., 1981. Вып. 205.
- 10.5 Кондаков В. П., Сухарева Г. И и др. Состояние и перспективы автоматизации

- процесса снабжения предприятий ГА авиагорючим. //Вопросы теории и практики создания АСУ в гражданской авиации: Сб. науч, тр. ,М., 1984. Вып. 231.
- 13.6. О г у р ц о В. П. Состояние и "перспективы развития автоматизированной системы текущих плановых расчетов Гражданской авиации (АСПР ГА-Т). ""Вопросы теории и практики создания АСУ в гражданской авиации: Сбвач. тр."M., 1984. Вып. 231.
- 13.7. Я к б y х Г. Ф., Э т t и н g e r B. Я. Проектирование структуры отраслевой сети вычислительных центров. Ленинград, Энергия, 1974. 104 с.
- 13.8. Г р о м о в Г. В. Многоуровневая автоматизированная система управления безопасностью полетов //Труды ГосНИИ ГА. М.: 1984. Вып. 231.
- 13.9. Г а м у л и н А. Г. Оптимизация структур систем предотвращения авиационных ситуаций при использовании информационной базы МАСУ «Безопасность». //ВИНТИ, 1982. М 6. (128).
- 13.10. Б о р щ А. М., и др. Руководство по эксплуатации МАСУ «Безопасность». М.: Транспорт, 1984.
- 13.11. К л у б о в В. А., У в а р о в В. Н. Перспективы развития АСУ технологоческими процессами в аэропортах. //Труды ГасНИИГА. М., 1984. Вып. 231. 162 е.
- 13.12. Пермяков А. С., и др. Малый центр АСУ продажей билетов и бронированием мест. //Труды ГосНИИГА. М., 1984. Вып. 231. 166 с.

Г л а в а 14. Летательные аппараты, построенные в студенческом конструкторском бюро РКИИГА

С 1962 по 1988 год студентами и сотрудниками института было спроектировано и строилось 16 летательных аппаратов различных типов, включавших самолеты, автожиры, гидросамолеты, экранопланы, аппараты на воздушной подушке, дельта- и мотодельтапланы. Не все они были доведены до стадии выполнения полетов, В какой-то мере это можно объяснить существовавшей в прошедшие годы правовой неопределенностью – не было ни организаций, занимавшихся вопросами авиационно-технического творчества (такие организации стали появляться только в последнее время), ни документов, регламентирующих полеты летательных аппаратов непромышленного производства. Сейчас эти вопросы в основном решены, стали регулярно проводиться слеты конструкторов летательных аппаратов, построенных самодеятельными коллективами, подготовлены к изданию нормы летной годности для таких аппаратов и другие юридические документы. Работы по созданию самолетов в основном проводились в рамках СКБ механического факультета института, которым руководили В.М. Пришлюк, В.И. Блохин, В.Г. Ягнюк.

7.1. Первые самолеты студентов.

В 1963 году студенты 3 курса механического факультета Ф. Мухamedов и Г. Иванов приступили к разработке эскизного проекта легкого одноместного самолета с мотоциклетным двигателем. Вскоре к ним присоединились А. Лесиков, С. Иванов, В. Пришлюк, Ю. Балдаев. Студенческую инициативу поддержало руководство факультета и института. В роли шефов выступили кафедры конструкции и прочности летательных аппаратов, технологии и ремонта. Студенты получили рабочее место в учебно-производственных мастерских института, выполняемые ими расчеты конструкции засчитывались (после проверки преподавателями) в качестве домашних заданий, расчетно-графических работ и курсовых проектов. Непосредственную помощь в процессе работы оказали студентам преподаватели и сотрудники института Ю.Д. Миленький, Д.П. Осокин, Р.Г. Нуғис, А.Л. Пассек, В. Лазарев и другие. В 1965 году первенец студентов, получивший наименование РИИГА-1, был построен. Проведенные наземные испытания выявили необходимость некоторых доработок, в частности, улучшения амортизации шасси. К сожалению, по уже приведенным выше причинам не удалось получить разрешения на проведение полетов, в связи с чем самолет так и не смог подняться в воздух. Конструкция самолета не носила элементов новизны – было использовано подкосное деревянное крыло и оперение, и сварной ферменный фюзеляж. Серийный двигатель от мотоцикла К-750 был снабжен редуктором, что позволило увеличить диаметр и КПД винта. В качестве тем дипломных проектов студенты Г. Иванов и В. Пришлюк при активном участии Ф. Мухamedова разрабатывали проект самолета РИИГА-2. Туристский четырехместный самолет

РИИГА-2 стал темой дипломного проекта Ф. Мухамедова. Студенческими лидерами-организаторами были в СКБ в разные годы Ф.А. Мухамедов, В.Л. Устинов, В.Г. Ягнюк, Р.В. Щавинский. Активную помощь в разработке проектов, постройке и испытаниях летательных аппаратов оказывали студентам преподаватели института Д.П. Осокин, В.З. Цейтлин, В.Ф. Бухаров. Следует отметить, что даже в тех случаях, когда постройка летательных аппаратов в СКБ не доводилась по каким-либо причинам до завершения, проделанная студентами работа являлась хорошей практической школой самостоятельного творческого труда для будущих авиационных инженеров и принесла им большую пользу. Большинство студентов, активно работавших в СКБ, связало свою дальнейшую судьбу с творческой деятельностью в науке, с конструированием новой техники, с преподавательской деятельностью в РКИИГА и других вузах. На работу в авиапромышленность перешли Ф. Мухамедов, В. Устинов, Ю. Прибыльский. Многочисленные публикации о работах в СКБ в отечественной и зарубежной прессе, дипломы и медали, полученные на выставках и слетах, принесли широкую известность и обеспечили популярность РКИИГА в стране и за рубежом. Самолет РИИГА-2 строился в 1966-1967 гг. на основе агрегатов конструкции пилотажного планера А-13 и имел ряд оригинальных решений, в том числе одноколесное убирающееся в полете шасси и V-образное оперение. Для постройки самолета РИИГА-3 использовались консоли крыла и опоры шасси самолета «СуперАэро-145» и хвостовая часть фюзеляжа самолета Як-12Р. Оба самолета имели двигатели М-332 чехословацкого производства. В 1967 году успешно защитил дипломный проект легкой летающей лодки-амфибии студент В.З. Цейтлин – бывший летчик гражданской авиации. Отдельные разработки его проекта нашли позднее применение в конструкции летающей лодки РКИИГА-74. В конце 1966 года группа студентов Рижского Краснознаменного института инженеров гражданской авиации им. Ленинского комсомола, возглавляемая студентом третьего курса механического факультета В.Л. Устиновым, приступила к разработке проекта легкого одноместного автожира с мотоциклетным двигателем М-61. Под руководством преподавателя кафедры конструкции и прочности летательных аппаратов института Д.П. Осокина были отработаны методики весового, аэродинамического и прочностных расчетов, выбрана схема автожира и определены его основные параметры и размеры. Одновременно велись работы по форсированию двигателя М-61 с целью увеличения его мощности до требуемой величины – 40-50 л.с. К июлю 1967 года все основные расчеты были закончены, и началось изготовление деталей и узлов конструкции. В создании проекта и постройке автожира активно участвовали Д. Осокин, студенты В. Устинов, В. Капустин, В. Савельев, О. Гарбаренко, Е. Махоткин, В. Жук и Ю. Дунаевский. В сентябре 1967 года автожир был собран и в честь приближающегося юбилея – 50-летия Ленинского комсомола получил наименование «Рига-50». Наземные испытания, в том числе и испытания автожира, закрепленного в кузове автомашины ГАЗ-51, движущейся со скоростью 55-60 км/ч, подтвердили

правильность проведенных расчетов. Ротор хорошо «забирал ветер» и быстро выходил на рабочие обороты. Вибрации конструкции не наблюдались, эффективность управления была вполне достаточной. По решению ректора РКИИГА автожир «Рига-50» с работающим двигателем, установленный на автомашине, был показан на праздничных демонстрациях трудящихся г. Риги в ноябре 1967 г. и в мае 1968 г. Летом 1968 года испытания были продолжены на аэродроме. Из-за сомнений в надежности работы форсированного двигателя их было решено проводить на буксире за автомашиной. 26 августа 1968 года автожир, пилотируемый Д. Осокиным, выполнил первый полет, пролетев около 200 м на высоте 2-3 м, но при «вынужденной» посадке, вызванной торможением буксировщика, скапотирован и был существенно поврежден. При постройке второго экземпляра автожира его параметры были приняты такими же, как и у первой машины. Изменения конструкции в основном были направлены на упрощение технологии изготовления (например, замена клёпаной балки фюзеляжа сварной фермой), улучшение внешнего вида и условий работы пилота (полузакрытая кабина с ветровым стеклом). При постройке этого улучшенного варианта, получившего обозначение «Рга-50М», коллектив автожиростроителей вырос количественно и качественно. Окончил институт и стал инженером В. Устинов, в работе группы, кроме ее первоначального состава, стали участвовать инженеры В. Литанский, В. Пришлюк, студенты Р. Лукашун, С. Данилин, В. Аксютченко, В. Поздняков, О. Воробьев, И. Чуркин, А. Стефанский. Автожир «Рига-50М», законченный постройкой весной 1969 года, был удостоен 1-го места на выставке-конкурсе студенческих работ вузов Латвийской ССР, проводившейся под лозунгом «Ленинскому юбилю – мастерство и поиск молодых». Затянувшаяся отладка двигателя не позволила довести эту машину до стадии летного эксперимента, и работы по моторным автожирам были временно отложены. На очередном этапе основной упор был сделан на создание серии безмоторных спортивных «ротошотов» - буксируемых автожиров-планеров. Кроме студентов РКИИГА, В. Устинов заинтересовал этим перспективным видом спорта комсомольцев завода «Ригасельмаш» Ю. Безматного, И. Калашникова, В. Воронова, Л. Коротуна, В. Белоуска, и часть дальнейших работ стала выполняться на этом предприятии. Летом 1970 года начались наземные испытания головной машины безмоторной серии – автожира «Чайка – 1», а 13 августа 1970 года преподаватель РКИИГА инженер В.З. Цейтлин, имеющий большой опыт полетов на различных типах самолетов и вертолетов, поднял «Чайку» в воздух. До конца «летнего сезона» 1970 года было выполнено 5 полетов с целью проверки поведения машины в воздухе, определения эффективности управления и поиска оптимальных режимов буксирного полета. Определенные трудности и ограничения, связанные с проведением полетов на территории действующего аэродрома, привели к решению использовать для этой цели многочисленные озера и реки, которыми так богата Латвийская ССР. В августе 1971 года, месяце, ставшем уже традиционным для проведения первых полетов машин, созданных коллективом энтузиастов-

автожиростроителей города Риги, В.З. Цейтлин легко поднял в воздух автожир «Рига АС-2», буксируемый быстроходным катером. В один из последовавших дней была достигнута высота полета 15 – 20 м. Автожир, по отзыву пилота, имел хорошую устойчивость – «плотно сидел в воздухе» - и оказался несложным в управлении. При проведении испытаний и доводке автожира «Рига АС-2» в состав коллектива вошли инженеры Р.В. Щавинский, В.П. Лабенчик, студенты В. Шабанов, С. Сапелкин, В. Голышев, Н. Фролов, А. Алейников, В. Ягнюк. Кроме создания конструкций легких и буксируемых автожиров, в СКБ в период 1967 – 1971 гг. производились перспективные эскизные проработки многоцелевых автожиров с различными типами поршневых и газотурбинных двигателей, пригодных для использования в народном хозяйстве. На основе этих работ студентами В. Устиновым, Е. Махоткиным, В. Литанским, В. Савельевым и В. Капустиным были выполнены и успешно защищены в РКИИГА дипломные проекты. Весной 1971 года возобновились работы по легкому многоцелевому автожиру. В конструкции этой новой машины, получившей обозначение «Рига-72», было применено много решений, направленных на максимальное приближение технологии изготовления к условиям серийного производства. В частности, основные силовые элементы – кильевая балка и пилон – были выполнены из дюралевых труб большого диаметра, широко использовались детали и узлы, которые могли изготавливаться штамповкой, многодетальное стержневое шасси заменила упругая рессора, выkleенная из стеклопластика. Существенное улучшение летных характеристик было достигнуто применением мощного четырехцилиндрового двухтактного двигателя. В проектировании и постройке автожира «Рига-72» активно участвовали: инженер В. Устинов, ст. преподаватель Д. Осокин, студенты В. Капустин, О. Гарбаренко. Испытания проводил В.З. Цейтлин. Осенью 1972 года автожир демонстрировался на 4-й центральной выставке-смотре НТТМ в Москве и получил высокую оценку специалистов. Авторы разработки были награждены дипломами лауреатов НТТМ и медалями ВДНХ. На этой же выставке был представлен буксируемый автожир «Спарите» («Стрекоза»), созданный под руководством В. Устинова на заводе «Ригасельмаш». Дальнейшие работы по автожирам в СКБ РКИИГА не проводились. Летающая лодка РКИИГА-74. После небольшого перерыва, вызванного подготовкой и защитой кандидатской диссертации, старший научный сотрудник РКИИГА Ф.А. Мухamedов и инженер Р.В. Щавинский организовали небольшой коллектив студентов, в который вошли В. Ягнюк, Ю. Прибыльский, А. Швейгерт, и вместе с ними спроектировали на базе катера «Прогресс» и агрегатов планера «Приморец» двухместный гидросамолет с двигателем М-332. Постройка самолета велась с 1972 по 1974 год. На последний этапах к ней подключились студенты О. Барышев, В. Пикалов и А. Ловцов. Активную помошь оказывали преподаватели института В.З. Цейтлин, В.Ф. Бухаров, инженер НИС В.Я. Бирюков. К концу лета 1974 года постройка самолета была завершена и начались его наземные и водные испытания на озере Балтэзерс в окрестностях Риги. После

выполнения потребовавшихся доработок, в частности, установки накладного редана, гидросамолет РКИИГА-74 был подготовлен к первому полету, который

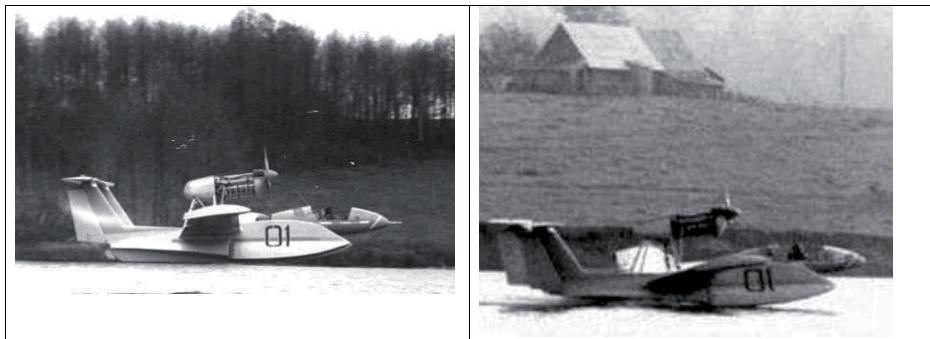


выполнили 17 сентября 1974 года командир корабля Латвийского Управления ГА, пилот 1-го класса В.Н. Абрамов и В.З. Цейтлин. На высоте около 150 м самолет сделал несколько кругов над озером. Расчеты конструкторов полностью подтвердились. Самолет хорошо слушался рулей и был устойчив в полете. Всего за время испытаний было выполнено 15 полетов с общим налетом около 2 часов. Были намерения превратить гидросамолет в амфибию, установив на него убирающееся колесное шасси, но эта работа по ряду причин осталась незавершенной. Летом 1976 года конструкция студентов КИИГА представляла латвийскую ССР на Всесоюзной выставке научно-технического творчества молодежи, действовавшей на ВДНХ. Министерство высшего и среднего образования СССР наградило участников постройки летающей лодки Ю. Прибыльского, В. Ягнюка, А. Швайгерта, О. Барышева и В. Пикалова золотой медалью и дипломом «За лучшую студенческую научную работу».

7.2. Экспериментальный летательный аппарат ЭЛА-01

Этот двухпоплавковый гидросамолет необычной схемы, предназначенный для исследования характеристик полета вблизи поверхности воды с использованием динамической воздушной подушки, был спроектирован в 1976 году коллективом научных работников, инженеров, преподавателей и студентов Московского авиационного института имени Серго Орджоникидзе и РКИИГА. Работу возглавляли профессоры А.А. Бадягин (МАИ) и В.З. Шестаков (РКИИГА). Ведущим конструктором аппарата был ст. научный сотрудник МАИ к.т.н. Ф.А. Мухamedов. Тяжелейшей проблемой этих летательных аппаратов является обеспечение им продольной устойчивости вблизи экрана. Достигается она в основном компоновкой, т. е. взаимным сположением крыла и хвостового оперения. Исследованием этой проблемы мы и занимались с использованием продувок моделей в аэродинамической трубе, радиоуправляемых моделей, натурных стендов. Исследования позволили разработать оптимальную компоновку экраноплана, построить и испытать пилотируемый аппарат. Постройка ЭЛА-01 производилась на экспериментальном заводе спортивной авиации (ЭЗСА) в г. Пренай Литовской

ССР при активном участии сотрудников РКИИГА 3 ноября 1978 года летчик-испытатель завода Р. Пивницкас начал летные испытания аппарата. В процессе летных испытаний экраноплан показал хорошие характеристики устойчивости и управляемости в режиме экранного полета на высоте 0,5–1 метра. Именно они являются существенной проблемой на пути развития этого вида транспорта. Он легко выходил на режим глиссирования на скоростях 40–45 км/час, устойчиво и без большого брызгообразования на скоростях 70–75 км/час отрывался от воды и развивал скорость до 150 км/час в режиме экранного полета и мог выполнять полеты по самолетному в отрыве от экрана до высоты 3 км.



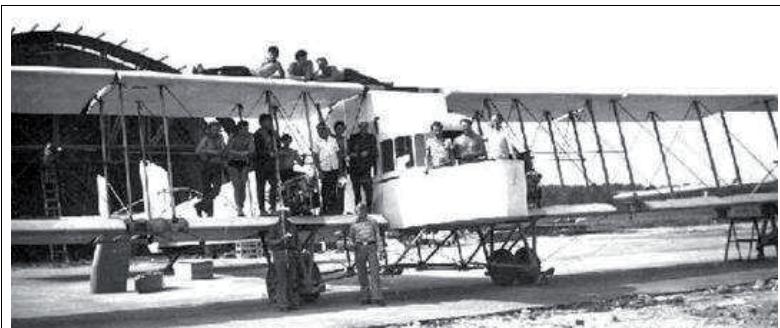
Экраноплан ЭЛА-01 в полете

Был получен большой объем исследований в неизведанной области полетов вблизи экрана. Результаты использованы при создании экранопланов в ЦКБ Р. Алексеева различных типов и назначения. Были запатентованы несколько изобретений. В ходе дальнейших многочисленных полетов были проведены все необходимые исследования и получены научные экспериментальные материалы. Все полеты ЭЛА-01 проводились над рекой Неман в районе Каунаса. От РКИИГА в работе участвовали: В.З. Шестаков, Р.В. Щавинский, Д.П. Осокин, Д.Ф. Титов, А.Г. Заверткин, В.Г. Ягнюк, В.Н. Кабанов, В.М. Шапарь, А. Смутов, Ю. Смирнов, Ю.В. Прибыльский, В.Я. Бирюков, А.А. Швейгерт.

7.3. Полноразмерный макет самолета «Илья Муромец»

В 1978 году сотрудники РКИИГА В. Ягнюк, Ю. Прибыльский, Д. Осокин, Д. Титов, Г. Ягнюк, студенты А. Сипкевич, С. Щукин, В. Кабанов участвовали в создании полноразмерного макета первого в мире тяжелого многомоторного самолета-бомбардировщика «Илья Муромец». Самолет строился по заказу киностудии «Мосфильм» для съемок художественного фильма «Поэма о крыльях». В состав творческого коллектива, кроме представителей РКИИГА, входили также сотрудники ЛАУГА, Рижской авиамодельной лаборатории, московских организаций. Представителями института был спроектирован и изготовлен фюзеляж самолета, центроплан верхнего крыла, управление, воздушные винты и стыковые узлы крыльев, проведены прочностные расчеты фюзеляжа, крыльев и

узлов. Окончательная сборка самолета проводилась в июле-августе 1978 года в ангаре колхоза «Накотне», который обеспечивал общую координацию работ и связь с киностудией.



Воссозданный в СКБ РКИИГА студентами самолет «Илья Муромец»

Полеты самолета не предусматривались, но он должен был в ходе съемок самостоятельно разбегаться с подъемом хвоста, имитируя взлет. В связи с этими требованиями на самолете были установлены четыре авиадвигателя M-337 общей мощностью 840 л.с. и полностью работоспособная система управления рулями и элеронами. Съемки кинофильма проводились в Москве и на Кубе. После их завершения самолет демонстрировался на ВДНХ СССР, где летом 1979 года проводилась выставка «60 лет советского кино», а затем был передан в музей ВВС в г. Монино.

7.4	Воссоздание	самолета	P-5
<p>В 1983 году СКБ РКИИГА была поручена важная и ответственная задача – воссоздать для Головного музея гражданской авиации в г. Ульяновске известный самолет 30-х годов P-5 (П-5), широко применявшийся в ВВС и ГВФ страны. Основная сложность предстоящей работы заключалась в отсутствии самолетов этого типа в отечественных и зарубежных музеях, в отсутствии заводской технической документации по самолету. Нельзя сказать, что работа разворачивалась на пустом месте. На многочисленные запросы, посланные организациям и отдельным лицам, откликнулись любители авиации из разных районов страны, приславшие письма и фотографии. Удалось найти техническое описание самолета, описание и руководство по ремонту двигателя M-17ф. Ценные материалы по истории создания самолета P-5 представил в распоряжение СКБ мемориальный музей Н.Е. Жуковского. На основе полученных материалов старшему преподавателю РКИИГА Д.П. Осокину вместе со студентами А. Дмитренко и А. Михальченко, выполнившими дипломные проекты по реставрации P-5, удалось с достаточной точностью восстановить чертежи общих видов и компоновку самолета. Важное значение для этой работы имели результаты экспедиции, организованной начальником СКБ В.Г. Ягнюком на Памир, где со</p>			

склона пика Ленина, с высоты более 5000 м, были сняты и доставлены в Ригу остатки самолета Р-5 летчика М.А. Липкина, потерпевшего аварию в 1937 году. Сохранившаяся передняя часть фюзеляжа и некоторые другие детали обеспечили изготовление их точных копий. С 1984 года началось изготовление деталей, сборка отдельных агрегатов и узлов самолета. Под руководством и при непосредственном участии инженеров СКБ И. Васильева и А. Швейгера были изготовлены фюзеляж, капоты и крылья самолета. В.Г. Ягнюк доставил в Ригу детали управления с разбившегося на Чукотке в 1934 году самолета Р-5 летчика Бастанжиева из группы Н. Каманина, 4 двигателя М-17ф от потерпевшего аварию между Охотском и Магаданом самолета ТБ-3, шасси Р-5, найденного на Памире Душанбинскими авиаторами. Тесные, взаимополезные связи были установлены СКБ с Таджикским управлением ГА, в котором также велись восстановление самолета Р-5 для музея ВВС в Монино.

7.5. Работы по созданию аппаратов на воздушной подушке и динамического поддержания

В СКБ института под руководством Шестакова В.З. и Щавинского Р.В. с 1975 года ведутся исследования и разработки по созданию летательных аппаратов и других транспортных средств для использования в условиях бездорожья. Это аппараты на воздушной подушке (АВП) и динамического поддержания (АДП). Значительное место в этих работах занимают летательные аппараты динамического поддержания (ЛАДП), т.е. такие летательные аппараты, основной режим полета которых (крейсерский полет) проходит вблизи экрана (земли, льда или водной поверхности).

	<p>Воссозданный в СКБ РKhIIGA студентами самолет Р-5 летчика М.А. Липкина, потерпевшего аварию в 1937 году в горах Памира</p>
---	---

Обладая достаточно высокой скоростью и экономической эффективностью, не требующие строительства дорогих аэропортовых сооружений и взлетно-посадочных полос, они способны в зависимости от назначения и взлетной массы использоваться на местных воздушных линиях или для перевозок крупногабаритного и тяжеловесного оборудования и могут стать ключом экономического освоения труднодоступных и отдаленных районов страны. Наряду

с самолетами вертикального взлета и посадки эти аппараты могут решить крайне важную для нашей страны проблему освоения несудоходных (для эксплуатирующихся в настоящее время типов водоизмещающих судов) рек. Регулярное круглогодичное транспортное сообщение с помощью АДП позволит во многих случаях отказаться полностью или частично от использования самолетов, вертолетов и автозимников, что приведет к существенной экономии транспортных расходов. Группой инженеров в составе Щавинского Р.В., Ушакова М.В., Шапаря В.М. и др. под руководством Шестакова В.З. разработаны и прошли испытания экспериментальные аппараты, краткое описание которых приводится ниже.

7.5.1. Летательный аппарат с шасси на воздушной подушке
Предназначен для пассажирских и грузопочтовых перевозок, для патрулирования, рыбоохраны, связи и медицинского обслуживания в отдельных районах нашей страны. Летательный аппарат имеет силовую установку, обеспечивающую вращение воздушного винта для создания тяги, и рабочего колеса осевого вентилятора, включаемого на взлете и посадке для создания воздушной подушки под фюзеляжем аппарата. Низкое давление шасси на опорную поверхность позволяет эксплуатировать ЛА с ровных площадок, со снега, льда и водной поверхности, а в крейсерском полете использовать динамическую воздушную подушку под крылом аппарата, которая улучшает его технико-экономические характеристики.

Технические характеристики ЛА:

Взлетная масса 2200 кг, масса полезной нагрузки – 500 кг, число пассажиров – 5 чел, максимальная мощность – 325 л.с., потребляемая мощность вентилятора – 125 л.с., крейсерская скорость – 150 км/ч, дальность – 600 км. Материалы переданы в КБ Бериева.



Аппарат на воздушной подушке на воде

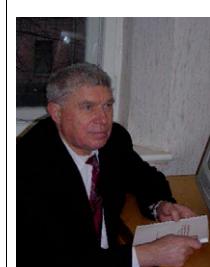


Аппарат на воздушной подушке на шоссе

7.5.2. Амфибийный катер на воздушной подушке

Предназначен для перевозки почты, грузов и пассажиров, а также может быть использован в качестве патрульного, служебно-разъездного, санитарного и

индивидуального транспортного средства. Катер на воздушной подушке (скоростное транспортное средство, эксплуатируемое на недоступных обычным транспортным средствам «дорогах»). Он может преодолевать мелководье, засоренные и порожистые участки с сильным течением и волнением высотой до 0,3м; выходить на необорудованный берег; преодолевать ровные участки суши неограниченной длины с отдельными препятствиями высотой до 0,2м; преодолевать болота, пески, ледяную шугу и ледяные заснеженные поверхности, затяжные подъемы с углом наклона до 10%. Амфибийный катер состоит из эластичного понтона плавучести, на котором размещены в кокпите водитель и пассажиры, а в моторном отсеке – автомобильный двигатель с распределительным редуктором, передающим мощность на осевой вентилятор и реверсивный воздушный винт, расположенный над моторным отсеком. По периметру надувного понтона плавучести прикреплено гибкое ограждение воздушной подушки, разделенное для повышения устойчивости на три секции, в каждую из которых подается воздух от вентилятора. Управление по курсу и дифферентом осуществляется двухкилевым Т-образным оперением и соплами с отбором воздуха от вентилятора. Технические характеристики: масса полная – 1000 кг, масса полезной нагрузки – 320 кг, максимальная мощность – 80 л.с., давление воздуха в подушке – 100 кг/м² максимальная скорость на воде – 70 км/час, эксплуатационная скорость на воде – 50 км/час, максимальная скорость над сушей – 85 км/час, дальность – 200 км. *Многие годы куратором и руководителем научных работ, проводимых в СКБ РКИИГА был В.З.Шестаков.*



Владимир Шестаков

профессор, квалифицированный доктор инженерных наук, Заслуженный деятель науки и техники ЛССР специалист по истории авиационной науки и техники.

<http://www.russkije.lv>

ru.wikipedia.org/.../Шестаков..

Владимир Захарович Шестаков родился 26 мая 1938 года в селе Колодежное Воронежской области. В 1952 году поступил в 6-ую Воронежскую среднюю специальную школу Военно-воздушных сил в городе Липецке. Эти уникальные школы функционировали в СССР с 1940 по 1955 год. Всего их было 20, в них учились ребята, которых теперь относят к поколению «детей войны». Спецшколы ВВС дали стране очень много выдающихся летчиков, военачальников, ученых, космонавтов (см. «Длинная дорога в авиации. От спецшколы ВВС до РКИИГА», 2013). Среди них однокашники В.З. Шестакова космонавты Владимир Шаталов и Анатолий Филиппенко. После спецшколы В. Шестаков был направлен для продолжения учебы в г. Кременчуг в 10-ую Военно-авиационную школу первоначального обучения летчиков (ВАШПОЛ). Такие школы были организованы для подготовки пилотов на принципиально новую реактивную технику, которая стала поступать в ВВС страны. Для

ее освоения нужны были пилоты также нового поколения. Всего было создано десять ВАШПОЛ. Первый выпуск они произвели в 1953 году - последний - в 1957 и были расформированы. 10-ую ВАШПОЛ закончили 5 космонавтов, в том числе Алексей Леонов. С 1956 по 1960 В. Шестаков учился в Воронежском лесотехническом институте, откуда перешел в РКИИГА (Рижский Краснознаменный институт инженеров гражданской авиации, с 1992 г.- РАУ). В.Шестаков окончил РКИИГА в 1963 году по специальности инженер-механик, учился там же в аспирантуре и в 1967 году защитил диссертацию, получив степень кандидата технических наук. Кандидатская диссертация на тему «Исследование динамических характеристик самолета с нежесткой конструкцией» была посвящена разработке упрощенных инженерных методов расчета динамической устойчивости самолета с нежесткой конструкцией на основе анализа влияния на нее различных факторов и оценка их эффективности. Практически вся жизнь В.З. Шестакова связана с авиацией, из них больше 40 лет с одним из первых в мире авиационно-техническим учебным заведением, основанием которого считается 1919 г. (см. «Хроника катастрофы Рижского авиационного университета», 2009). Учебное заведение претерпело множество реорганизаций, часто меняя места дислокаций. С 1945 года его местом пребывания стала Рига: Рижское Краснознаменное высшее инженерно-авиационное военное училище им. Ворошилова (РКВИАВУ, 1949 - 1960) – Рижский Краснознаменный институт инженеров гражданской авиации (РКИИГА, 1960-1992) – Рижский авиационный университет (РАУ, 1992-1999). После окончания института и до 1999 года В.З.Шестаков работал в РКИИГА – РАУ: лектор, ассистент, доцент (1967-1985), профессор (1985 -1999), заведующий кафедрой эксплуатации воздушного транспорта (1988-1992), проректор по учебной работе (1975-1989), декан механического факультета (1981 – 1999). В 1985 году в Ленинградской академии гражданской авиации В.З.Шестаков защитил диссертацию на соискание учёной степени доктора технических наук, которая в 1992 году была ноcтирифицирована в соответствии с системой степеней Латвийской республики, и получил ученое звание хабилитированного доктора наук. Докторская диссертация была посвящена исследованиям по созданию летающей модели перспективного летательного аппарата - экраноплана. В то время все работы, проводившиеся в СССР и за рубежом по этой тематике, были засекречены. Тяжелейшей проблемой этих летательных аппаратов является обеспечение им продольной устойчивости вблизи экрана, которая достигается в основном компоновкой, т. е. взаимным расположением крыла и хвостового оперения. Исследованиями этой проблемы в РКИИГА и занималась группа ученых, возглавляемая В.З. Шестаковым с использованием продувок моделей в аэродинамической трубе, радиоуправляемых моделей, натурных стендов. Исследования позволили разработать оптимальную компоновку экраноплана, построить и испытать пилотируемый аппарат. Другим научным направлением, руководимым В. Шестаковым, было исследование и разработка аппаратов на воздушной подушке, по заказу одного из конструкторских бюро такой аппарат был разработан, изготовлен и испытан в различных условиях. После ликвидации в 1999 году Рижского авиационного университета, В. З. Шестаков продолжил работу заведующим кафедрой эксплуатации воздушного транспорта в Авиационном институте Рижского технического университета (РТУ), а после его реорганизации в 2011 году в институт аeronавтики РТУ, заведующим кафедрой теории и конструкции самолетов этого института. После ликвидации РАУ В. Шестаков по совместительству был также профессором в Институте транспорта и связи (1999-2009). В.З. Шестаков в 1988 – 2000 годы, будучи экспертом Российского министерства чрезвычайных ситуаций, принимал участие в расследовании несчастных случаев в авиации. Как действительный член с 1995 года (академик) Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности принимает участие в организации конференций и симпозиумов. В.З.Шестаков с 1991 года член совета по защитам диссертаций Рижского технического университета, эксперт Латвийского совета по науке в области транспорта и связи (воздушный транспорт и инфраструктура). В.З. Шестаков - Заслуженный деятель науки и техники Латвии (1988), автор свыше 160 научных трудов, в том числе свыше 30 учебников и учебных пособий, пяти монографий, 10 авторских свидетельств на изобретения; под его руководством подготовлены и защищены 5 диссертационных работ. Основное направление научных исследований В.З.Шестакова – проблемы эксплуатации авиационного транспорта, безопасности

полетов и авиационных работ, экология и экологически чистые нетрадиционные виды транспорта. Кроме научно-педагогической деятельности, В.З.Шестаков много сил и энергии отдает исследованию истории авиации и авиационной науки в Латвии, в том числе и истории одного из старейших в бывшем СССР вузов подготовки специалистов для авиации – Рижского авиационного университета. Этой теме посвящены 4 монографии В.З. Шестакова: «История развития авиационной науки в Латвии». Рига, 1989 (совместно с профессором Р.И. Виноградовым <http://www.russkije.lv>; «Рижскому авиационному университету – 80 (1919-1999), Рига, 1999; «Хроника катастрофы Рижского авиационного университета» (к 90-летию РКИИГА: 1919- 2009), Рига, 2009; «Длинная дорога в авиации. От спецшколы ВВС до РКИИГА», 2013. В этих монографиях автором собраны редкие документы и фотографии ученых и сотрудников авиационных центров в Латвии в период описываемых событий.

Библиографический список литературы к главе 14.

- 14.1.Мухamedов Ф. Студенты конструируют. Гражданская авиация._№ 4, 1966.
- 14.2.Альперович Ю. Взлетишь ли ты, мопед? Московский комсомолец, 25.12.1966.
- 14.3.Устинов В., Осокин Д., Пришлюк В. Воздушный мотоцикл. Моделист-конструктор, 10-1968.
- 14.4. «Чайка-1» в воздухе. Советская молодежь, 18.08.1970.
- 14.5.Старостин П. Автожиры рижских студентов. Крылья Родины, 11-1970.
- 14.6.Осокин Д. Творцы автожиров. Инженер Аэрофлота, 2-1972.
- 14.7.Столяров Ю. Взлет. Моделист-конструктор, 8-1972
- 14.8 Микроавтожир рижских студентов. Моделист-конструктор, 8-1972.
- 14.9. «Чайка-1»- безмоторный автожир. Моделист-конструктор, 8-1972.
- 14.10 Володин А. Воздушный мотоцикл. Социалистическая индустрия, 27.01.1973.
- 14.11.Марголин Е. Зачем студенту гидросамолет? Советская молодежь, 24.09.1974.
- 14.12.Марголин Е. Голубой самолет над озером. Комсомольская правда, 5.12.1974.
- 14.13.Ягнюк В. Летающий катер. Техника молодежи, 1-1975.
- 14.14.Степанов Г. Лодка-самолетка. Моделист-конструктор, 4-1975.
- 14.15.Прибыльский Ю., Ягнюк В. «Прогресс»: Разрешите взлет. Катера и яхты, 4-1975.
- 14.16.Корчагина В. «Илья Муромец» и другие. Инженер Аэрофлота, 8.02.1979.
- 14.17.Корчагина В. «Звезда» экрана спроектирована студентами. Советская молодежь, 9.02.1979.
- 14.18.Сикорский И. И. Станет зрителем актером. Воздушный транспорт, 23.06.1979.
- 14.19.Васильев Ю. Спортивный гидросамолет ЭЛА-01. Советская молодежь, 25.03.1979.
- 14.20.Столяр В. Бегущая над волнами. Московский комсомолец, 8.06.1979.
- 14.21.Андреев И. «Памирский» Р-5. Известия, 25.08.1985.
- 14.22.Шпунгин С. Летающие «Жигули». Советская молодежь, 13.01.1987.
- 14.23.Мешков О. Студенческий Аэроджип. Правда, 19.01.1987.
- 14.24.Шпунгин С. Стартует Аэроджип. Труд, 16.01.1987; Неделя № 21-1987.
- 14.25.Подберезина Е. Ездит, плавает, летает.... Ригас Балс, 01.1987.
- 14.26.. Евстратов Н. СКБ - союз увлеченных. Моделист-конструктор, № 6-1987.
- 14.27.Щавинский Р. «Аэроджип»: От проекта до машины. Моделист-конструктор, 3-1988.
- 14.28.Сурков В. Самолет Р-5: Полвека за облаками. Известия, 24.07.1985.
- 14.29.Шестаков В.З. Требуются ...конструкторы. « Инженер Аэрофлота», 17.09.1976.
- 14.30.Шестаков В.З. Что такое ЭЛА-01. РИИГА-МАИ-Содружество., «Инженер Аэрофлота», 18.01. 1979.
- 14.31. Леонидов К. Студенты готовят экранолет, Ригас Балсс. 24.03.1979.
- 14.32. Шестаков В.З. Конструкторы со студенческими билетами. Воздушный транспорт., 6.02.1979.

- 14.33 Семицаевский О.Г., Виноградов Р.И., Шестаков В.З. Полипланый экраноплан, статья в сборнике докладов научно-технической конференции «Технико-экономические вопросы создания и внедрения рациональных и экологически чистых транспортных средств для районов Севера», Институт комплексных транспортных проблем. Москва 30.10.-2.11. 1988.
- 14.34. Шестаков В.З., Щавинский Р.В. и др. Выбор и обоснование аэродинамической схемы экспериментального летательного аппарата. Отчет по НИР, №1826011125, РКИИГА, Рига, 1976.
- 14.35. Шестаков В.З., Щавинский Р.и др. Летные характеристики экспериментального летательного аппарата. Отчет по НИР, №1826011125, РКИИГА, Рига, 1977, кн.1-2.
- 14.36. Шестаков В.З., Щавинский Р. и др. Летно-технические характеристики летательного аппарата с основным режимом полета вблизи экрана. Отчет по НИР, №1826011125, РКИИГА, Рига, 1978.
- 14.37. Шестаков В.З., Щавинский Р. и др. Методика эксперимента и анализ результатов испытаний модели летательного аппарата интегральной схемы с системой образования воздушной подушки. Отчет по НИР, №1826011125, РКИИГА, Рига, 1979.
- 14.40.Шестаков В.З., Щавинский Р. В. Транспортные средства с динамическими принципами поддержания. Труды СОАН СССР, Иркутск 1985
- 14.41. Шестаков В.З., Щавинский Р. и др. Заводские летные испытания экспериментального летательного аппарата. Отчет по НИР, №1826011125, РКИИГА, Рига, 1980.
- 14.42 Шестаков В. З. Самолет деловых сообщений. Журнал « Гражданская авиация», № 2, 1991
- 14.43.Шестаков В.З., Щавинский Р. В. Использование вертолетов для транспортировки крупногабаритных и тяжеловесных грузов. Сб. науч. трудов « Научно- технический прогресс и перспективы развития новых специализированных видов транспорта», Москва, 1990
- 14.44.Шестаков В.З., Щавинский Р. В., Заремба Э. В. Легкий многоцелевой аппарат на воздушной подушке «Аэроджип». Сб. науч. трудов « Научно- технический прогресс и перспективы развития новых специализированных видов транспорта», Москва, 1990

Эпилог

В данной книге описаны достижения рижских ученых во второй период расцвета авиационной науки и техники в Латвии-послевоенный. Он закончился с развалом СССР. Образовавшиеся в этот период авиационные центры в Риге носили всесоюзный характер и с началом перестройки стали испытывать колossalные трудности в моральном и финансовом отношении. Многие ученые стали искать более спокойные и хлебные места в США, Израиле, Германии и др. Большая часть отправилась в Россию. В течение 90-х годов все научные центры перестали существовать. Последним, в 1999 году правительством независимой Латвии, был ликвидирован базовый центр авиационной науки- Рижский авиационный университет. Материально-техническая база, описанных в книге центров, в большей части по понятным причинам исчезла, некоторая часть ее была приватизирована лицами, оказавшимися в нужный момент и в нужном месте на данный период. И все же часть ученых, оставшаяся в Риге продолжает свою деятельность в новых условиях. Набирает силу научно-технический авиационный центр «Авиатест», образовавшийся на базе бывшего РОГосНИИГА (www.aviatest.lv.), Некоторые оставшиеся профессора бывшего РАУ готовят авиационных специалистов и продолжают вести научную деятельность в стенах институтов аэронавтики Рижского технического университета и института транспорта и связи. Но это уже другая история. Обо всех «перепитиях» истории базового авиационного центра РАУ в «смутное» время 90-х можно прочитать в книге «Хроника катастрофы Рижского авиационного университета», HOLDA, Рига, 2009 г., 252 с (www.rkiigarau.blogspot.com.).

Думаю, что для заключения будут подходящими такие слова:

Исполнен долг, завещанный от Бога мне, грешному.

Недаром многих лет свидетелем Господь меня поставил.

А.С Пушкин «Борис Годунов»

Люблю КНИГИ
ljubljuknigi.ru



yes i want morebooks!

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн - в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов!
Мы используем экологически безопасную технологию "Печать-на-Заказ".

Покупайте Ваши книги на
www.ljubljuknigi.ru

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at
www.get-morebooks.com

OmniScriptum Marketing DEU GmbH
Heinrich-Böcking-Str. 6-8
D - 66121 Saarbrücken
Telefax: +49 681 93 81 567-9

info@omniscriptum.de
www.omniscriptum.de

OMNI**S**criptum

