

## CONTENTS

<b>S. Tepnadze, A. Betaneli, B. Ioanidi.</b> SHEL MODEL IN AVIATION – TRANSPORT SYSTEM AND SAFETY OF FLIANTS.....	9
<b>R. Zukakishvili, O. Tusishvili.</b> THERMODYNAMIC CALCULATION OF THE ANTI-ICING SYSTEM (On an example of the light aircraft TAM JET).....	26
<b>G. Tsirekidze, S. Bliadze, N. Beridze, T. Puluzashvili.</b> RULE OF NUMERICAL EXPERIMENTS AT THE ANALYSIS OF MULTILAYERED ANISOTROPIC DESIGNES.....	39
<b>K. Davitadze, T. Minashvili.</b> PREPARATION AND PHOTOELECTRICAL PROPERTIES OF CADMIUM-AND LEAD-DOPED THULIUM SESQUISUFIDES THIN FILMS.....	48
<b>V. Kakabadze, E. Barbakadze.</b> THE POSSIBILITIES OF CONVERGATION OF FINANCIAL POLITICS FOR THE ECONOMIC RELATIONSHIP OF GEORGIA.....	54
<b>A. Davitadze, A. Noniadze.</b> THE ECONOMETRICAL MODEL OF AVIATION COMPANY’S PROFIT.....	67
<b>N. Dumbadze, Y. Sukhitashvili, A. Noniadze.</b> THE ECONOMIC INTERRELATION BETWEEN THE FORMATION OF THE RATES AND PASSENGER SERVICE.....	74
<b>Y. Sukhitashvili, N. Dumbadze, G. Imedashvili, M. Sukhitashvili.</b> THE FORMATION OF THE DEVELOPMENT STRATEGY OF THE GEORGIAN AIRLINES.....	84
<b>G. Javakhishvili, N. Tavadze.</b> GLOBAL EXTREMEUM OF SOME FUNCTIONS OF TWO VARIABLES .....	96

<b>S. Tepnadze, R. Zukakishvili, A. Betaneli. LEONARDO DA VINCI – FOUNDER OF AERONAUTICS AND AVIATION.....</b>	<b>102</b>
<b>G. Tsirekidze, G.Chkhaidze, R.Chagunava. THE MELTING OF METAL BULLET IN ANCIENT GEORGIA.....</b>	<b>114</b>

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>С.А. Тепнадзе, А.И. Бетанели, Б.А. Иоаниди. МОДЕЛЬ «SHEL» В АВИАЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ .....</b>	<b>9</b>
<b>Р.И. Зукакишвили, О.Ш. Тусишвили. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА (на примере легкого самолета TAM JET).....</b>	<b>26</b>
<b>Г. Г. Цирекидзе, С. Н. Блиадзе, Н. М. Беридзе, Т. З. Пулузашвили. РОЛЬ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ АНАЛИЗЕ МНОГОСЛОЙНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....</b>	<b>39</b>
<b>К.Д. Давитадзе, Т.А. Минашвили. ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК ПОЛУТОРНОГО СУЛЬФИДА ТУЛИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО КАДМИЕМ И СВИНЦОМ.....</b>	<b>48</b>
<b>В.В. Какабадзе, Э.Э. Барбакадзе. О ВОЗМОЖНОСТИ КОНВЕРГЕНЦИИ ФИНАНСОВОЙ ПОЛИТИКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ ГРУЗИИ.....</b>	<b>54</b>
<b>А.В. Давитадзе, А. В. Нониадзе. ЭКОНОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИБЫЛИ АВИАКОМПАНИИ. ....</b>	<b>67</b>
<b>Н. И. Думбадзе, Ю. В. Сухиташвили, А. В. Нониадзе. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ФОРМИРОВАНИЕМ АВИАТАРИФОВ И УСЛУГАМИ ПРИ СЕРВИСНОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПАССАЖИРОВ.....</b>	<b>74</b>
<b>Ю.В. Сухиташвили, Н.И. Думбадзе, Г.П. Имедашвили, М.Ю. Сухиташвили РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ АВИАКОМПАНИЙ ГРУЗИИ. ....</b>	<b>84</b>
<b>Г.И. Джавахишвили, Н.Г. Тавадзе. ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКСТРЕМУМ НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИЙ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ.....</b>	<b>96</b>

С.А. Тепнадзе, Р.И. Зукакишвили, А.И. Бетанели. ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ – ОСНОВОПОЛОЖНИК ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ И АВИАЦИИ.....	102
Г.Г. Цирекидзе, Г.В. Чхаидзе, Р.В. Чагунава. ВЫПЛАВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СВИНЦА В ДРЕВНЕЙ ГРУЗИИ.....	114

Летная эксплуатация  
воздушного транспорта

## МОДЕЛЬ «SHEL» В АВИАЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

С.А. Тепнадзе\*, А.И. Бетанели\*, Б.А. Иоаниди\*\*

(Авиационный университет Грузии, пр.Кетеван Цамебули 16, Тбилиси, 0103,  
Грузия)

**Резюме:** *В статье рассматриваются возможные аспекты повышения безопасности полетов.*

*Применяя существующую модель «SHEL», авторы предлагают проводить анализ ошибок, предпосылок авиационных происшествий, авиационные происшествия, с учетом требований эргономики, во всех звеньях цепи авиационно-транспортной системы от конструкторов и изготовителей самолетов до экипажа. Рассматриваются прямая и обратная связи между звеньями, когда вся система работает и ее конечное звено - экипаж с пассажирами находятся в полете.*

*Модель исследования человеческого фактора «SHEL» – концептуальная схема понимания человеческого фактора при расследовании авиационных происшествий, разработанная Эдвардсом и видоизмененная Хоукнинсом. Во всех звеньях авиационно-транспортной системы работают люди с их сильными и слабыми человеческими качествами и их ошибки не должны быть конечным этапом при расследовании предпосылок авиационных происшествий или непосредственно авиационных происшествий. Ошибка должна стать следствием поиска главных упущений, недоработок во всех звеньях системы для их устранения.*

**Ключевые слова:** Человеческий фактор (ЧФ), безопасность полетов (БП), авиационно-транспортная система (АТС), модель «SHEL», авиационные происшествия (АП), руководство по летной эксплуатации (РЛЭ).

---

\* Профессор

\*\* Преподаватель

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В статье авторы приводят некоторые практические примеры эргономического, профессионального, логического мышления с использованием модели «SHEL» в разных звеньях авиационно-транспортной системы по некоторым наиболее опасным проблемным вопросам, снижающим уровень безопасности полетов в течение многих лет. Однако, меры по их радикальному устранению недостаточны. Как правило, результаты расследования авиационных происшествий освещают только конечный этап авиационно-транспортной системы, экипаж с ошибками, которые он допустил. Почему отказы на самолетах, в результате ошибок конструкторов и технологов, дающие начало развитию авиационного происшествия, не рассматриваются? Поэтому экипажи во многих случаях повторяемости одних и тех же отказов не могут изменить траекторию полета.

В XXI веке с учетом достижений в области изучения человеческого фактора, авторами предлагается дополнительное расследование во всех звеньях авиационно-транспортной системы от проектирования самолета до факта происшествия. Методом исключения звеньев, которые не могли повлиять на исход полета, несложно определить главные причины, способствовавшие инциденту или авиационному происшествию. При повторяемости инцидентов нужно убеждаться, не являются ли истинные причины, патентные упущения, недоработки при проектировании и изготовлении самолета, а также неверные рекомендации РЛЭ по действиям экипажа в полете.

По причине ЧФ происходит от 60 до 80% предпосылок авиационных происшествий и непосредственно авиационных происшествий.

ЧФ – это наука о людях; в обстановке, которой они живут и работают, об их взаимодействии с самолетом, нормативными документами, средой. Важны и взаимоотношения между субъектами во всех звеньях и между собой.

ЧФ является областью, охватывающей множество дисциплин, в том числе: психологию, проектирование и производство самолетов, медицину, социологию и антропологию, разработку документов и многое другое.

В авиации понятие «ЧФ» включает разнообразные элементы, требующие постоянного внимания и совершенства. Среди них – поведение человека и его работоспособность в нормальных условиях и особых случаях полета, процесс восприятия информации в полете и принятие решений в экстремальных условиях, и другие познавательные процессы.

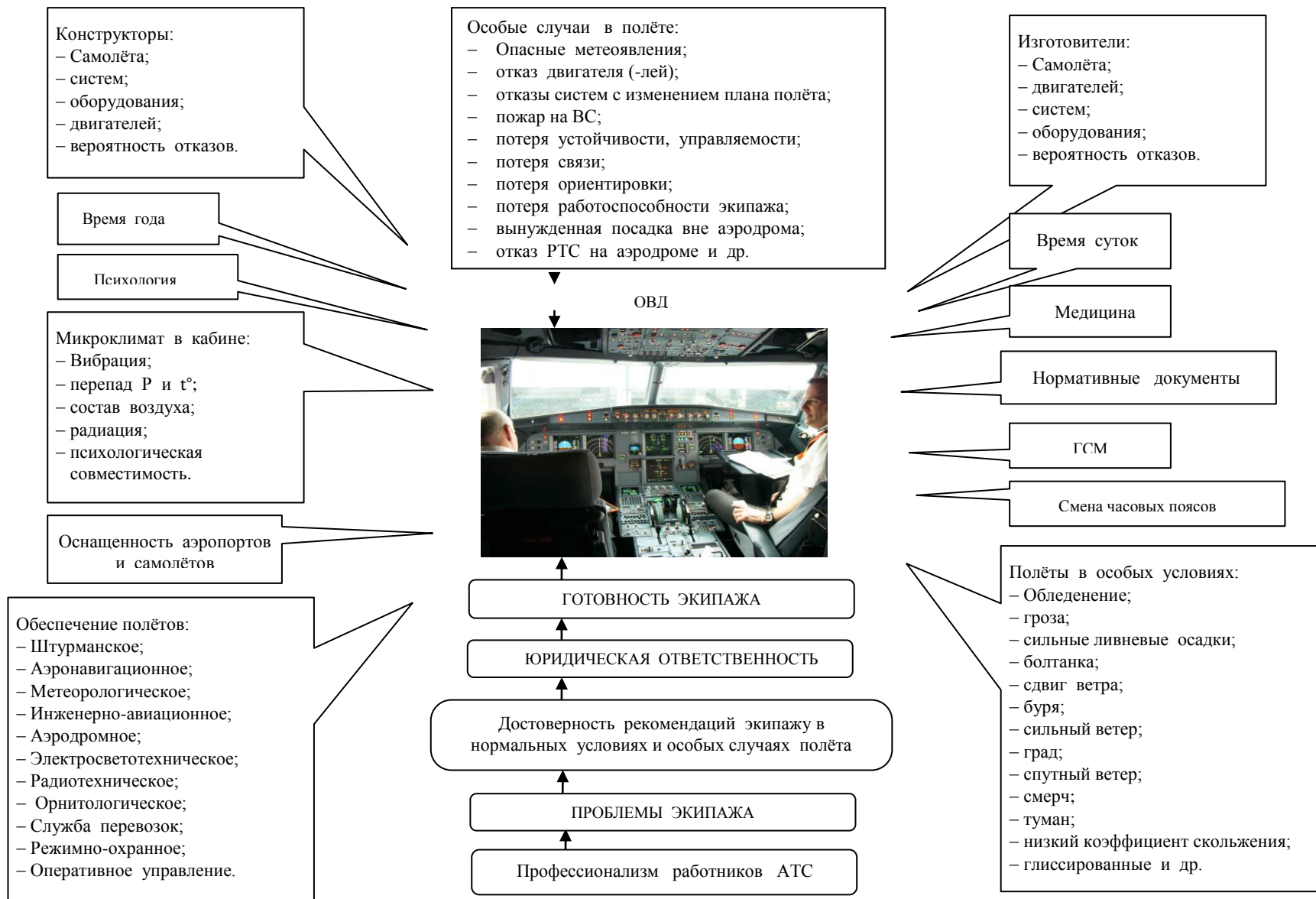


Рис.1 Взаимодействие звеньев в АТС.

Это проектирование и производство самолетов, систем, агрегатов, оборудования. Вероятность отказов и ошибок при технической эксплуатации и в полете, компоновка оборудования в кабине экипажа и салоне, средства связи и программное обеспечение компьютеров, карты, планы, документация, профессиональный отбор всех работников авиационно-транспортной системы и подготовку персонала.

Технология работы экипажа в полете постоянно должна совершенствоваться, т.к. этап захода на посадку и посадка занимает 4% времени выполнения полетного задания. Однако 49% от всех авиационных происшествий приходится на эти этапы посадки. Человеческие ошибки при техническом обслуживании, подготовке к полету, организации воздушного движения также значительны.

Недостаточная работоспособность, пунктуальность, исполнительность, честность человека, т.н. «личный фактор», во всех звеньях авиационно-транспортной системы лежит в основе причин 90% происшествий и является главной проблемой при проектировании, эксплуатации, контроле.

Вводный сборник материалов ИКАО по человеческому фактору во всех звеньях авиационно-транспортной системы определяет множество разнообразных проблем, недоработок, связанных с человеческим фактором. (рис.1)

Из эргономического подхода при расследовании ошибок, инцидентов, авиационных происшествий следует, что виноват не тот, кто совершил ошибку, а виноваты те кто при проектировании, изготовлении, включили вероятность этой ошибки в звеньях, авиационно-транспортной системы. На рис.1 схематически изображены основные звенья АТС от проектирование самолёта до конечного звена системы когда экипаж с пассажирами находятся в полёте. Эта схема способствует применению основ эргономики для исследования негативных факторов во всех звеньях, действующих на экипаж в полёте.

Профессионально, грамотно, целенаправленно, воздействуя на каждое звено в цепи системы, можно повысить безопасность полетов.

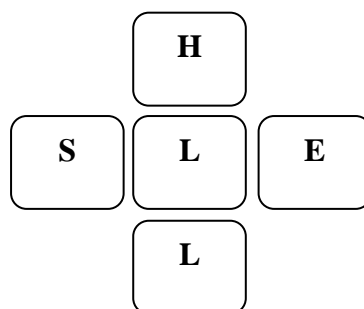
На рис.2 изображена модель «SHEL» в АТС.

Это концептуальная схема понимания человеческого фактора. На ней показаны различные элементы и взаимосвязи.

Элементы человеческого фактора можно подразделить на 4 основные концептуальные категории.



**PATTERN “SHEL”**



**S - PROCEDURES, SYMBOLS, ETC**

**H – OBJECT (MACHINE)**

**E – ENVIRONMENT**

**L – SUBJECT**

**Рис.2 Модель «SHEL» в АТС.**

**S** – установки (процедуры, символы, документация, руководства, требования эксплуатационных документов, контрольно-опросные листы, обмен информацией между пилотом и поддерживающими системами и т.д.)

**H** – объект (самолет, оборудование, включает физические, психологические взаимодействия между экипажем и самолетом, которые определяются конструктивными ограничениями, расположением управления, приборов, кресел, их регулировкой).

**E** – среда (внутрикабинная, личный комфорт, температура, влажность, шум, вибрация, освещенность и внекабинная среда, опасные метеорологические явления, полет в особых условиях и т.д.).

**L** – субъект (люди, характеризующие природу взаимодействия и связи в экипаже такие как: голосовая фразеология, содержание речи, языковой барьер, обратная связь, невербальные, неречевые, ключевые сигналы, трудовые отношения во всех звеньях и т.д.).

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод, что под человеческим фактором в авиационно-транспортной системе следует понимать совокупность индивидуальных и присущих профессиональному контингенту системы в целом качеств и свойств человека, проявляющихся в условиях функционирования системы, оказывая влияние на ее эффективность, надежность, а следовательно и безопасность полетов.

В модель «SHEL» входят интерфейсы между:

- людьми и машинами; - «Субъект-объект»;
- людьми и материалами; -«Субъект- установки»;
- людьми:- «Субъект-субъект»;

- людьми и рабочей средой: -«Субъект-среда».

Иногда по результатам расследования авиационных происшествий следуют упреки в адрес экипажа: -"Что за лётчики пошли, не могут исправить траекторию полёта" как её можно исправить, если в создавшейся ситуации не были проведены реальные лётные испытания.

При налете 30-40 часов молодые курсанты в училище на исправном самолете могут не только изменить траекторию в полете, но и способны без проблем выполнить фигуры высшего пилотажа, а также сваливание в штопор с последующим выводом. Однако на некоторых самолетах в большой авиации высокопрофессиональный экипаж с налетом более 10000 часов если не может исправить траекторию полета, то это говорит об упущениях и недостатках при проектировании, конструировании и испытании в системе управления самолетов.

Многие специалисты по безопасности полетов считают, что ошибка пилота является не конечной, а исходной точкой в расследовании причинно-следственных связей развития инцидентов и особых случаев. Неумышленная ошибка пилота – это не вина, а беда человека!!!

Специалист ИКАО Ден Маурино считает, что ошибка должна рассматриваться подобно температуре, скорее как симптом болезни и является маркером определенных проблем в АТС. Ошибка пилота - это вершина айсберга, а истинные причины надо искать более глубоко, во всей системе, от проектирования до конечного звена, экипажа в полете.

Часто самолет летает с конструктивными и технологическими недоработками и ошибочными рекомендациями в РЛЭ, независимо от квалификации пилота.

Рассмотрим пример.

В аэропорту г. Челябинска были все условия благополучной посадки самолета ТУ-154 ( коэффициент сцепления 0,3, в пределах ограничений РЛЭ, ветер воздействия на левый бок под углом 90°). При пробеге, после выхода реверса на режим, достигнув скорости 260 км/час, самолет стал уклоняться вправо.

Действия КВС, пилота-инструктора Б.А. Иоаниди, в соответствии с рекомендациями РЛЭ, никаких результатов не дали. Самолет стал неуправляемым в направлении осевой линии взлетно-посадочной полосы (ВПП). Справа от ВПП были

снежные сугробы. Оставалось 5м до сугробов и правая тележка шасси могла врезаться в эти сугробы. Необходимо было предотвратить аварийную ситуацию.

КВС принял неординарное, мгновенное решение. Он выключил реверс, несмотря на то, что это противоречило рекомендациям РЛЭ. Самолет стал управляемым и начал перемещаться вдоль осевой линии ВПП. Полет был завершен благополучно. Это единственно правильное решение КВС, спустя несколько лет, полностью было внесено в РЛЭ.

Позже по результатам аэродинамических и летных испытаний было установлено, что причиной выкатывания является конструкция ТУ-154, характеризуемая расположением двигателей в хвостовой части фюзеляжа. Переднее колесо теряет управляемость, поскольку струя выходящих газов от реверса сдувает набегающий поток на хвостовом оперении, и аэродинамическое воздействие на хвостовое оперение отсутствует. Неуправляемый самолет становится флюгером. После выключения реверса аэродинамическое воздействие на хвостовое оперение восстанавливается, переднее колесо становится управляемым.

Такая ситуация создавалась на пробеге с включенным реверсом на самолетах с хвостовым расположением двигателей при коэффициенте сцепления 0,3-0,4 с боковым ветром в пределах допустимого.

Профессор Ризон из Манчестерского университета считает, что устранение индивидуальных ошибок не может предотвратить инцидентов и авиационных происшествий, надо найти и устранить основополагающие причины, находящиеся в компонентах, звеньях цепи авиационно-транспортной системы.

Участились также случаи сваливания самолетов на больших высотах, самолет входит в плоский штопор, а чтобы вывести его опять не хватает управляемости.

Опять обвиняют пилотов, а расширить диапазоны управляемости в нерасчетных условиях полета конструкторы пока не могут.

## **2. КРАТКИЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ.**

Первая катастрофа в мире произошла в 1908 году на самолете конструкции братьев Райт в США.

1909 г. - 9 катастроф.

1910 г.- погибло 29 пилотов.

1920 г. - погибал каждый 4-ый пилот.

1930 г.-благодаря огромным усилиям ученых, инженеров, техников, пилотов, количество катастроф уменьшилось до 1 на 50 пилотов.

Это были первые шаги на пути повышения безопасности полетов и предотвращения авиационных происшествий.

Безопасность полетов – это свойство авиационно-транспортной системы производить перевозки без угроз для жизни и здоровья людей.

Перелом в повышении безопасности полетов начался после создания в 1944 году в Чикаго Международной организации гражданской авиации – ИКАО.

В 1990 году в ИКАО насчитывалось 157 стран.

Основные цели Чикагской конвенции:

-обеспечение мира между народами путем развития международной гражданской авиации;

-обеспечение потребностей народов мира в безопасном, регулярном, эффективном и экономичном воздушном транспорте;

-обеспечение безопасности полетов в международной авиации.

По данным ИКАО до 60% тяжелых функциональных отказов в авиационно-транспортной системе связано с персоналом, 20-30% - с техникой, 10% - с окружающей средой.

В настоящее время на 1 час полета на международных авиалиниях вероятность катастрофической ситуации менее или равно  $10^{-7}$ . Это не предел, еще имеются возможности дальнейшего повышения уровня безопасности полетов совместными усилиями авиакомпаний мира под руководством ИКАО.

Нужно шире информировать в циркулярах ИКАО опыт лучших авиакомпаний мира, самолетостроительных предприятий.

Безопасность полетов в мире не должна иметь границ и национальностей.

Эта комплексная характеристика должна охватить всю АТС мира от проектирования самолета, систем оборудования, двигателей до конечного звена системы-экипажа.

Человек не может работать лучше, чем бортовые системы, но взаимодействие между ними регулярно требует доработок и совершенствования.

Любой пассажир на земном шаре может оказаться в тех или иных условиях на борту самолета любой авиакомпании, выполняющей международные полеты, поэтому

дальнейшее повышение безопасности полетов должно рассматриваться совместными усилиями всего мирового авиационного сообщества.

Потребуется дальнейшее увеличение стандартов и рекомендаций ИКАО в зависимости от причин инцидентов и авиационных происшествий. Должны совершенствоваться требования норм летной годности. Самолеты, их системы, оборудования должны быть более безотказными, нормативные документы необходимо постоянно совершенствовать и дорабатывать.

РЛЭ должно содержать рекомендации после реальных испытательных полетов в реальных погодных условиях, с учетом летных ограничений, чтобы пассажиры не сталкивались в полете с проблемами, угрожающими их жизни.

Почти век на самолетах периодически проявляются отказы типа закупорки в системах манометрических приборов со статикой и динамикой.

Экипажу не всегда удается своевременно определить причину отказа и поэтому совершаются иногда непоправимые ошибки и даже происходят авиационные происшествия.

Было бы неплохо, если бы конструкторы указателей скорости, высоты, вариометров, числа Маха внедрили бы в эксплуатацию более надежные приборы с другой конструктивной схемой, исключив закупорку приемников полного и статического давления, тогда была бы проделана большая работа по предотвращению предпосылок к авиационным происшествиям в этой части.

К примеру, причиной катастрофы «Боинга 747» оказалось насекомое, которое попало в приемник полного давления указателя скорости и закупорило его.

При закупорке динамики в полете из-за обледенения, при снижении, показания скорости, в зависимости от вертикального снижения, из-за несовершенства системы, могут упасть до нуля, а при наборе, наоборот, могут быть завышены показания скорости за пределами максимально допустимых.

В обоих случаях такие провокационные показания могут довести пилота до авиационного происшествия. Не мешало бы в подобных случаях иметь в кабине пилотов речевую информацию, которая предупредит экипаж: -«Внимание произошла закупорка динамики, статики», что своевременно поможет пилотам обнаружить отказ приборов и перестроиться на рекомендации РЛЭ, если они помогут им пилотировать по дублирующим приборам.

Из статистики авторов по приему экзаменов у авиационных специалистов наиболее слабые знания выявлены по следующей тематике:

- отказ манометрических приборов из-за закупорки полного и статического давлений;
- выключение и запуск двигателя в полете;
- пожар в мотогондоле двигателя;
- балансировка при отказе критического двигателя.

Применяя профессиональное эргономическое мышление с опережением неблагоприятных событий, которые могут возникать у экипажа в будущих полетах, становится очевидным тот факт, что для многих экипажей определения отказов в показаниях манометрических приборов в полете требуют больше времени, чем позволяет иногда воздушная обстановка.

Авторы статьи предлагают, чтобы исключить опасные последствия от вероятности последующих ошибок при включении таких важных переключателей, тумблеров, как авиагоризонты, обогрев приемников полного и статического давления, предусмотреть дополнительное их включение по скоростному напору на разбеге со скоростью 50-70 км/час. Подобная резервная система включения предусмотрена в системах самописцев черного ящика.

Для оценки актуальности вышеизложенных предложений рассмотрим очередной инцидент в полете при закупорке динамики в сложных метеоусловиях.

Проводились тренировочные полеты в условиях обледенения – надо было отработать аварийное снижение самолета, когда на большой высоте (эшелоне полета) отклоняются интерцепторы, выпускается шасси и с вертикальной скоростью снижения 75 м/с на режиме работы всех двигателей был установлен полетный малый газ.

Самолет вводится в снижение с приборной скоростью 600 км/час – это максимум для конкретного типа. Пилот-профессионал с налетом 14000 часов пилотировал спокойно и уверенно. Неожиданно, из-за закупорки канала динамики ледяным наростом, из-за не включенного обогрева приемников полного и статического давления, стрелка указателя приборной скорости энергично стала перемещаться по шкале прибора и остановилась на нулевой отметке. Психологическое состояние пилота переросло в стресс, на лице его было сильное волнение и страх. Искаженные показания указателей скорости оказались

сильнее логического здравого мышления, что при вертикальной скорости 75 м/с скорость не может быть равна нулю.

Пилот принял искаженные показания скорости «нуль» за реальные и вывел все двигатели на взлетный режим при прежней вертикальной скорости снижения 75 м/с. Возникла реальная угроза - разрушить самолет, вследствие превышения норм по прочности. Инструктор пытался вмешаться в управление, которое было сильно зажато руками здоровым и крепким пилотом, и он неожиданно резко взял на себя штурвал – самолет перешел в крутой набор. Стрелка указателя приборной скорости в наборе из-за несовершенства системы энергично стала перемещаться с нулевой отметки на увеличение скорости и когда превысила по прибору 600 км/час, хотя реально скорость была намного меньше, высветилось табло «Предел скорости», тогда пилот установил всем двигателям малый газ, возникла вторая опасность- сваливание в полете.

Искаженные показания скорости, вариометра и высотомера также могут быть при закупорке статики.

Инструктор дважды спросил у штурмана: «В каком положении тумблеры обогрева приемников полного давления?». Штурман дважды проконтролировал и неверно доложил, что обогрев приемников полного и статического давления включен, хотя тумблеры обогрева были выключены. Не воспринимать реальную скорость в облаках при больших вертикальных скоростях снижения и набора высоты создает весьма сложную ситуацию. В стрессовом состоянии человек-штурман дважды ошибся и неверно доложил – это из-за того, что его восприятие ухудшилось под воздействием страха, который не каждый авиаспециалист может перебороть.

Ситуация на борту продолжала усложняться. Инструктор из-за жесткого дефицита времени не мог перевести взгляд на верхний щиток, чтобы убедиться, что же произошло на самом деле. Он оперативно применил личные резервные методы пилотирования для экстремальных ситуаций, которых в РЛЭ нет. Установил тангаж по авиагоризонту и режим двигателей для скорости горизонтального полета - 500км/час.

Хотя указатель показывал искаженную скорость, у инструктора появилась возможность перевести взгляд с приборов на верхний электрощиток, чтобы проконтролировать, включен ли обогрев приемников давления. Убедившись, что обогрев выключен, инструктор включил обогрев сам, сделав замечание штурману за ложный доклад. Через одну минуту обогрев приемников удалил ледяной нарост, и скорость

показала ожидаемые показания с точностью  $\pm 10$  км/час. Полет был благополучно завершен.

Учебные полеты были продолжены с другими пилотами. По окончании полетов, спустя 7 часов, к инструктору подошел пилот, который перенес стресс из-за закупорки динамики и признался, что от стресса пока еще трясутся ноги и колени и попросил разъяснить подробнее ситуацию, создавшуюся в полете. Инструктор собрал всех пилотов, проходивших тренировку и подробно объяснил и порекомендовал им, чтобы они учились управлять не только самолетом с его системами и оборудованием, но и могли управлять собой, своей психикой.

Некоторые инструкторы насмотрелись стольких отказов на разных самолетах, что за штурвалом ведут себя как жонглеры в цирке и могут выполнить полет благополучно, даже если в кабине остаются исправными всего два прибора – это радиокompас и высотомер.

Несмотря на то, что такие методы аварийного пилотирования в экстремальных условиях неофициальные – это личный опыт пилотов, которые любят жизнь – их нет в РЛЭ. Инструкторы, владеющие ими часто, переводят катастрофическую ситуацию в благополучный исход полета, благодаря высокопрофессиональному эргономическому мышлению в полете.

Во многих странах чистосердечные признания экипажа, по действиям в особых случаях полета, поощряются и даже вознаграждаются, но есть страны, где стараются поддержать безопасность полетов путем ужесточения юридической ответственности и угрозы применения к экипажу в экстремальных условиях полета статьи уголовного кодекса, когда пилот в условиях стресса совершает случайные ошибки.

Каждый инцидент, любое авиационное происшествие должны доводиться не только до экипажей, но и до работников всех звеньев авиационно-транспортной системы от конструирования и до конечного звена системы экипажей. В каждом звене системы должны руководители проводить разбор с оценкой их деятельности, чтобы убедиться, не является ли главной причиной инцидента или авиационного происшествия их упущения или недоработки и исключить повторяемость.

Издавна известно, что в авиации мелочей нет, любое, даже мелкое упущение в звеньях цепи авиационно-транспортной системы может создать в полете катастрофическую ситуацию.



На ремонтном заводе был отремонтирован самолет. В этом сложном звене большое количество авиаспециалистов инженерно-технического состава, которые не имеют права на ошибку. На первый взгляд произошла казалась бы мелкая ошибка, техник забыл установить шплинт под гайку на тяге управления отклонением закрылков на взлетный и посадочный угол. Самолет налетал несколько десятков часов без аварий, но в одном из аэропортов после взлета при уборке закрылков они убрались несинхронно, с возникновением сильнейшего, кренящего момента в сторону, где закрылок был убран.

Пилоты в кабине ориентируются по двум стрелкам указателям уборки, выпуска закрылков, которые показывали, что закрылки слева и справа убраны синхронно. Ситуация не закончилась катастрофой, благодаря высокому профессионализму КВС Лацабидзе. Видя, что рули на упоре и самолет увеличивают дальше крен, он оперативно применил моменты, возникающие при отказе крайнего двигателя. Со стороны крена оставил взлетный режим крайнему двигателю, а с другой стороны, крайнему двигателю установил малый газ. Глубокий крен удалось уменьшить до  $15^{\circ}$  – поперечная управляемость была восстановлена. КВС дал команду бортиженеру срочно осмотреть крылья, и потом стало ясно, что с одной стороны закрылок остался на взлетный угол, а индикция в кабине этого не показала.

Это наглядный пример показывающий, как все недоработки, недостатки во всех звеньях авиационно-транспортной системы отражаются в конечном звене системы экипажа. От находчивости, грамотности, мужественности КВС, катастрофическую ситуацию удалось сломить и благополучно завершить полет.

При проектировании самолетов необходимо учитывать, что инженерно-технический состав – люди, со всеми свойственными человеку сильными и слабыми сторонами и, размышляя эргономически, не надо вкладывать в процесс эксплуатации самолета вероятность их ошибок. Такие как взаимозаменяемость разных агрегатов, блоков системы автоматического управления по крену и тангажу кроме того, что не должны подходить друг к другу соединительные кабели, еще и внешне они должны быть не похожи друг на друга и иметь контрастную маркировку.

В процессе эксплуатации были случаи, когда инженерно-технический состав ошибался в установке блоков и менял по невнимательности местами блоки крена и тангажа. Такой злополучный полет был в Тбилиси у КВС А.Папашвили в сложных метеоусловиях. После отрыва в облаках самолет при взятии штурвала на себя входил в

крен, а при исправлении крена кабрировал. КВС, благодаря высокой профессиональной подготовке, сумел предотвратить катастрофу и благополучно завершил полет. Но члены экипажа после перенесенного стресса стали инвалидами, их досрочно списали с летной работы и некоторые из них преждевременно покинули этот мир. В таком сложном полете КВС просил диспетчера пригласить к пульту специалистов инженерно-технического состава для получения консультации, смелых не оказалось, никто не явился и, по старинке, в расследовании было указано несколько пунктов нормативных документов, где КВС допустил незначительные ошибки.

Сколько силы воли, профессионализма и мужества требуется иногда у КВС, чтобы предотвратить катастрофическую ситуацию в условиях жесткого лимита, дефицита времени и благополучно завершить полет.

Если суммировать все отрицательные эмоции пилотов, находящихся в стрессовой ситуации в полете, когда в РЛЭ не предусмотрены рекомендации по создавшейся неисправности, отказу в условиях жесткого дефицита времени, когда пилоты не уверены, выживут или нет, найдут выход, сумеют справиться (перед глазами появляются лица родных, из-за большого кровяного давления приборная доска кажется красного цвета).

А сколько дополнительных отвлекающих факторов у КВС в полете: связь с диспетчером, руководство и контроль за работой экипажа, отчет приборной информации и многое другое. **Надо помнить, что человек одноканальное существо и за долю секунды может сделать только одно действие.**

Эта напряженность одного экипажа будет больше, чем у всех работников авиационно-транспортной системы, находящихся на земле и, вместе взятых, в самый тяжелый рабочий день для них. Если даже экипажу удастся завершить полет благополучно, его продолжительность жизни от пережитого сократится на несколько лет. Это надо помнить всем работникам во всех звеньях цепи авиационно-транспортной системы и они должны повышать качество выполняемой работы, что соответственно будет способствовать повышению безопасности полетов.

Пилот, заключая контракт о летной работе, не должен становиться в полете из-за ненадежности авиационной техники неоплачиваемым летчиком-испытателем. РЛЭ не должно содержать в себе вероятность отказа чуть ли не всего оборудования, находящегося на самолете.

Большинство авиационных происшествий начинают свое развитие в полете из-за отказов в системах, оборудовании, двигателях, а ошибки пилотов возникают позже. Двучленный экипаж на современных самолетах работает на границе возможностей человека, то, что раньше в полете пилоты делали впятером теперь перераспределяется на двоих. При эксплуатации особенно новой техники не надо ждать набора большой статистики отказов, чтобы начать принимать меры по доработкам, как это принято в некоторых конструкторских и самолетостроительных компаниях. Каждый отказ техники в полете или ошибка инженерно-технического состава, или экипажа при эксплуатации должны сразу привлекать пристальное внимание конструкторов и изготовителей для исключения повторяемости и поиска причин отказов.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На борту современных самолетов должно устанавливаться самое надежное, безотказное оборудование, двигатели, системы, агрегаты с многократным резервированием.

При проектировании и изготовлении самолетов надо всегда исходить из того, что строятся они для человека. А самое дорогое у человека – это жизнь, и никому не позволено создавать угрозу для жизни людей из-за амбиций изготовителей, дешевого местного оборудования, престижа страны. В международных воздушных перевозках должны летать самые надежные самолеты, и в авиакомпаниях и во всех звеньях авиационно-транспортной системы должны работать высокопрофессиональные авиаспециалисты.

Авиакомпании, которые запрашивают топливо на рейс в кредит или не в состоянии уплатить при необходимости пассажирам страховые суммы должны быть закрыты. Если общими усилиями мирового авиационного интеллектуального потенциала под руководством ИКАО удастся в каждом звене авиационно-транспортной системы, эргономически применяя модель «SHEL» за счет дополнительных прогрессивных мероприятий улучшить работу каждого звена цепочки авиационно-транспортной системы даже на 0,5-1%, согласно предлагаемой схеме рис.3, то в сумме будет весьма положительный сдвиг в деле дальнейшего повышения уровня безопасности полетов.

На рис.3 показаны факторы, влияющие на безопасность полетов.

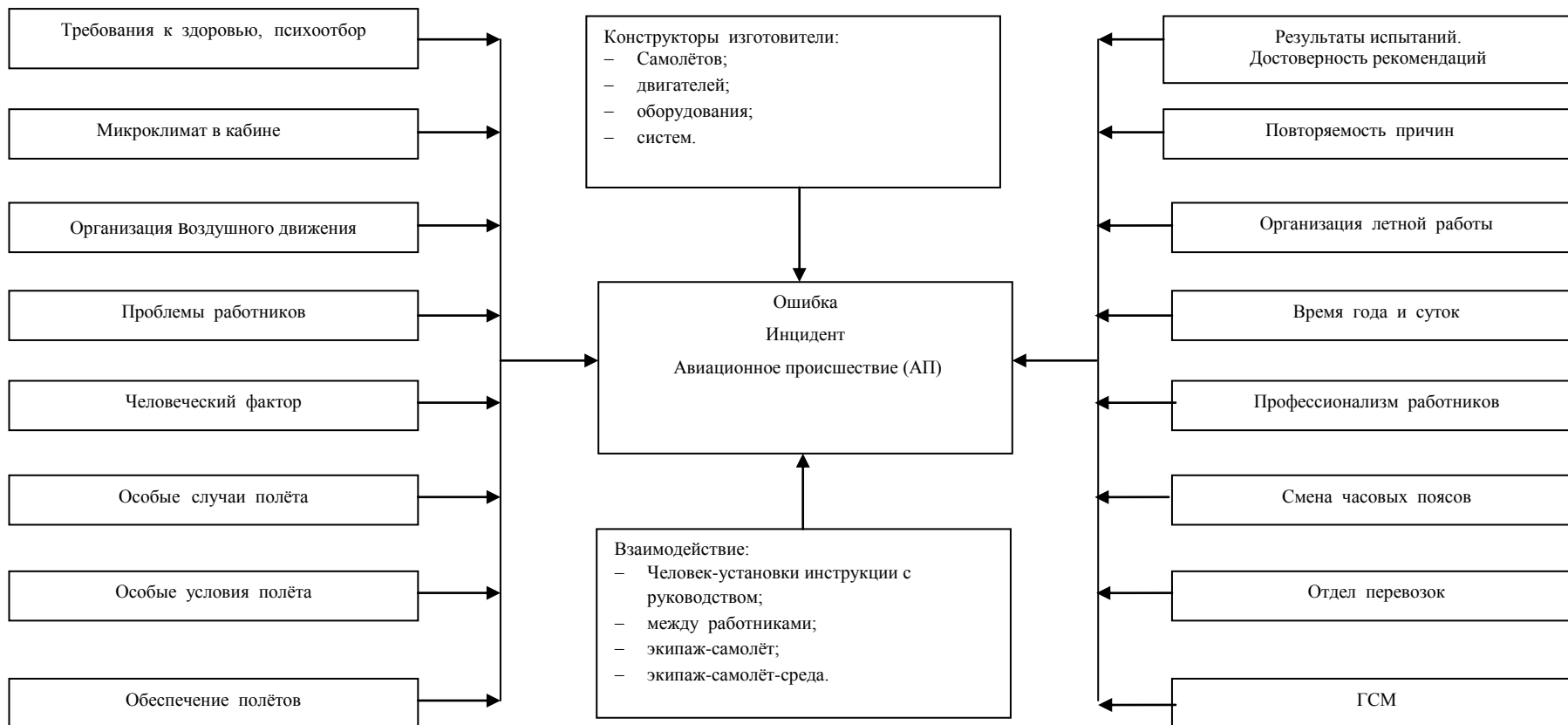


Рис.3 Факторы, влияющие на безопасности полетов.

**Примечание:** Применяя профессионально-эргономическое мышление исключая звенья, не влияющие на исход полёта определяются способствующие причины.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Циркуляр ИКАО 240-AN/144 Человеческий фактор. Сборник материалов №7.
2. Материалы межгосударственного авиационного комитета (МАК) по расследованию АП.
3. Платонов К.К. Психология летного труда. Военное издательство Министерства обороны СССР, 1960, М.,-350с.ил.
4. Богачев С.К., Авиационная эргономика. –М.: Машиностроение 1978,-140с.ил.
5. Безопасность полетов: Учебник для вузов /Р.В. Сакач, Б.В. Зубков, М.Ф. Давиденко и др. -М.: Транспорт, 1989,-239с.ил.

#### SHEL MODEL IN AVIATION – TRANSPORT SYSTEM AND SAFETY OF FLIANTS

**S. Terpadze, A. Betaneli, B. Ioanidi**

**Abstract:** When using model SHEL the authors suggest to analyse the prerequisite errors of aviation incidents in all links of aviation – transport system from disighing and manufacturing to flight operations.

(Поступило 09.12.2009)

Летная эксплуатация воздушного транспорта

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ  
ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА  
(на примере легкого самолета TAM JET)**

**Р.И. Зукакишвили\*, О.Ш. Тусишвили\***

**(Авиационный университет Грузии, пр. Кетеван Цамебули 16, Тбилиси,  
0103, Грузия)**

**Резюме:** *Как известно, потребная тепловая мощность определяется количеством тепла, которое обеспечивает нагрев поверхности обшивки носовой части крыла, что препятствует обледенению рассматриваемых поверхностей агрегатов самолета.*

*В статье рассматривается методика термодинамического расчета противообледенительной системы на примере легкого самолета TAM JET.*

*На основании полученных результатов определены параметры распределительных элементов конструкций крыла.*

**Ключевые слова:** тепловой поток, тепловая мощность, противообледенительная система, коэффициент теплоотдачи, смачиваемость поверхности, носок крыла, плотность.

### **1. ВВЕДЕНИЕ**

Принято, что в большинстве случаев, при соответствующей температуре наружного воздуха противообледенительная система должна надежно предохранять защищаемые части самолета от обледенения ( или периодически удалять лед). При этом допускается образование льда в течение промежутка времени, достаточного для выхода летательного аппарата из зоны обледенения.

### **2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Условия обледенения, которые могут быть приняты для расчета противообледенительных систем, при среднем радиусе переохлажденных капель 20мкм, приведены в таблице 1.

---

\* Профессор

таблица 1

Температура наружного воздуха $t^{\circ}\text{C}$	Водность $\text{г}/\text{м}^3$	Средний эффективный диаметр капель мм	Диапазон высот м
0	0,8	20	500-6000
-10	0,6	20	500-9000
-20	0,3	20	500-9000
-30	0,2	20	500-9000

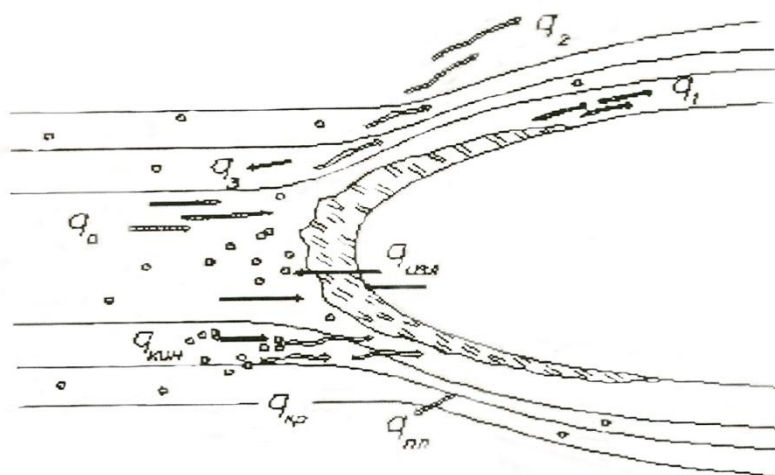


Рис.1 Схема тепловых потоков для необогреваемой поверхности в условиях обледенения

Рассмотрим схему тепловых потоков для необогреваемой поверхности в условиях обледенения (рис.1):  $-q_1$  конвективный тепловой поток;  $-q_2$  поток тепла, необходимый для испарения воды или льда с поверхности;  $--q_{кин}$  тепловой поток, возникающий в результате преобразования кинетической энергии капель при столкновении их с поверхностью;  $-q_a$  тепловой поток от аэродинамического нагрева;  $-q_{кр}$  поток тепла, выделяющегося при кристаллизации переохлаждения капель на поверхности;  $-q_{из}$  поток тепла, излучаемый нагреваемой поверхностью;

В условиях нагретой поверхности появляется дополнительный поток: для нагревания переохлажденной пленки воды или слоя льда до температуры поверхности –  $q_3$ ; при полете в среде, содержащей кристаллы воды – тепловой поток для плавления кристаллов –  $q_{кр}$ .

Потребная тепловая мощность противообледенительной системы определяется тем количеством тепла, которое компенсирует все эти тепловые потери и обеспечивает приданной конструкции противообледенителя нулевую или положительную температуру на защищаемой поверхности обшивки. Учитывая то, что большинство из перечисленных тепловых потоков по абсолютной величине составляют в сумме, примерно, несколько процентов от общей плотности теплового потока, ими можно пренебречь.

В общем случае, теплопередача на поверхности крыла в установившемся процессе складывается из следующих элементов: конвективный тепловой поток –  $q_1$ , поток тепла, необходимый для испарения воды или льда с поверхности –  $q_2$ , для нагревания переохлажденной пленки воды или слоя льда до температуры поверхности –  $q_3$ . Тогда уравнение теплового баланса нагретой поверхности (  $вт/м^2$  ), покрытой пленкой воды, при неизменных внешних условиях примет вид:

$$q = q_1 + q_2 + q_3 . \quad (1)$$

где  $q$  - плотность теплового потока, который надо подвести к защищаемой поверхности, чтобы обеспечить ее нагрев до требуемой температуры.

По известной формуле Ньютона конвективные потери

$$q_1 = \alpha ( t_n - t_1 ), \quad (2)$$

где  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи,  $вт/м^2 \cdot град$ ;  $t_n$  - температура поверхности обшивки;  $t_1$  - температура на внешней границе пограничного слоя.

В условиях обледенения в расчетном диапазоне скоростей  $t_1$  может быть приравнена температуре влажной поверхности  $t_{п.вл.}$  при отсутствии обогрева, тогда

$$q = \alpha ( t_n - t_{п.вл.}^* ) . \quad (3)$$

Для приближенной оценки конвективных потерь тепла обычно используют средние значения коэффициентов теплоотдачи, определяемых по формуле:

$$\alpha = 5,5 \cdot 10^{-4} \frac{(P_0 \cdot V_0)^{0,8}}{S^{0,2}} \quad (4)$$



Здесь  $S$  – расстояние по обводу профиля от передней кромки до рассматриваемой точки поверхности в м.

На основании статистики и рекомендаций [1] авторы допускают, что для профиля  $C=15\%$ ,  $S=0,14$ м.

Расчеты, произведенные по определению средних величин теплоотдачи по формуле (4) для высот  $H=1000$ м и  $H=7500$ м, представлены на рис.2.

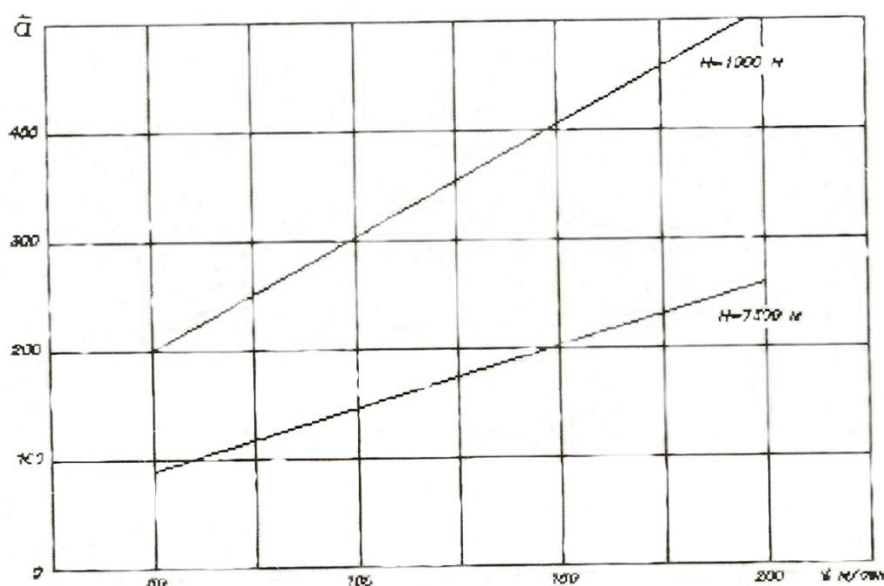


Рис.2. Изменение средних коэффициентов теплоотдачи над поверхностью носка профиля крыла в зависимости от скорости и высоты полета ( $S=0,14$ )

В результате экспериментальных исследований [4] было установлено, что в начале обвода крыла водяная пленка сплошная, затем разрывается на отдельные полосы (рис.3,а). Уменьшение количества воды за счет сдува в расчетах учитываются при помощи некоторого коэффициента  $\xi$ . Качественно характер  $\xi(S)$  будет иметь вид, показанный на рис.3,б (кривая  $\xi$ ) Применительно к несущим поверхностям с металлической обшивкой можно принять величину  $\xi_{вл}=0,2\div 0,3$ . В пределах области улавливания  $\xi_{вл}=1,0$  (рис.3,б). Затем  $\xi_{вл}$  резко снижается.

Необходимая плотность в зоне улавливания и затекания будет вычисляться формуле

$$\tilde{q}_n = \tilde{\alpha} \cdot (t_{н.вл.} - t_1) \cdot \left[ 1 + \xi_{вл} \cdot \frac{1550}{p} \cdot \frac{\theta_n - \theta_1}{t_{н.вл.} - t_1} \right] \quad (5)$$

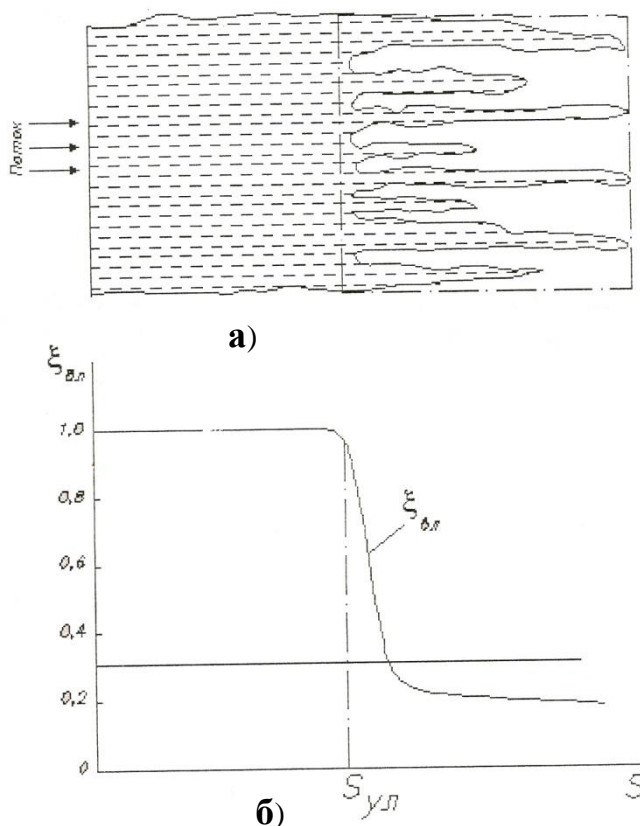


Рис.3 Характер смачиваемости подогретой поверхности в условиях обледенения

Рассмотрим характерный случай полета:  $V_0 = 150$  м/сек.;  $H=1000$ м;  $t_0 = -30$  °C;

$t_{п.вл} = 0$  °C;  $S_{ул} = 0,14$  м.  $\tilde{\alpha} = 412$  Вт/м<sup>2</sup> град. (по формуле 4).

На основании эюры давлений профиля подсчитываем местные относительные скорости воздуха при  $\bar{P}=1,4$  по формуле

$$V = \frac{V_1}{V_0} = \sqrt{1 - \bar{P}} = \sqrt{1 - (-1,4)} = 1,55 \text{ или } V_1 = V_0 \cdot 1,55 = 150 \cdot 1,55 = 232,5 \text{ м/с;}$$

Определяем местную равновесную температуру поверхности носка по формуле

$$t_1^* = t_0 + \frac{V_0^2}{2 \cdot c_p} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{V_1}{V_0} \right)^2 \cdot (1 - r^*) \right] \quad (6)$$

Где  $r^* = 0,88$  является местный коэффициент восстановления при турбулентном течении воздуха над поверхностью.

Подставляя численные значения в формулу (6) будем иметь

$$t_1^* = -30^\circ\text{C} + \frac{150^2}{2 \cdot 1000} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{232}{150} \right)^2 \cdot (1 - 0,88) \right] = -30 + 8,1 = -21,9^\circ\text{C}$$

Местное давление в пограничном слое носка крыла  $P = P_0 + \bar{P} \cdot q$  (7)

Где скоростной напор  $q = \frac{\rho \cdot V_0^2}{2} = \frac{1,1 \cdot 150^2}{2} = 1240 \text{ Н/м}^2$

Следовательно, из уравнения (7) будем иметь

$$P = 89 \cdot 10^3 - 12,4 \cdot 10^3 \cdot 1,4 = 71640 \text{ Н/м}^2.$$

Упругость пара на границе пограничного слоя определяется приближенно из соотношения

$$e_1 = e_0 \cdot \frac{P}{P_0} = 38 \cdot \frac{71640}{89880} = 30,28 \text{ Н/м}^2$$

где  $e_0 = 38 \text{ Н/м}^2$  (упругость насыщенного пара при  $t_0 = -30^\circ\text{C}$ ; выбрана из таблицы)

Средняя плотность тепла в пределах рассматриваемой области по формуле (5) при  $t_1^* = t_1 = -21,9^\circ\text{C}$ ;  $t_1 = t_0 = -30^\circ\text{C}$ ;  $e_1 = e_0 = 30 \text{ Н/м}^2$ ;  $P = P_0 = 71640 \text{ Н/м}^2$

$$\text{будет } \tilde{q} = 412 \cdot [0 - (-21,9)] \cdot \left[ 1 + \frac{1550}{71640} \cdot \frac{610 - 30}{0 + 21,9} \right] = 412 \cdot 21,9 \cdot 1,57 = 14166 \text{ Вт/м}^2$$

$$\text{Или } \tilde{q} = 12182 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час}$$

Аналогично рассмотрим случай, когда  $H = 7500 \text{ м}$ ;  $V = 200 \text{ м/сек}$ ;  $t_0 = -30^\circ\text{C}$ ;

$$\tilde{\alpha} = 255 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град};$$

Тогда по формуле (7) будем иметь  $p = p_0 + \bar{p} \cdot q = 89880 - 1,4 \cdot 0,56 \cdot \frac{200^2}{2} = 74200$

Упругость пара

$$e_1 = e_0 \cdot \frac{P}{P_0} = 38 \cdot \frac{74200}{89880} = 31,68 \text{ Н/м}^2$$

По формуле (6) определяем местную равновесную температуру поверхности носка крыла

$$t_1^* = -30 + \frac{200^2}{2 \cdot 1000} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{310}{200} \right)^2 \cdot (1 - 0,88) \right] = -30 + 14,3 = -15,7^\circ\text{C}$$

Соответственно, средняя плотность тепла

$$\tilde{q}_n = 255 \cdot [0 \cdot (-15,7)] \cdot \left[ 1 + \frac{1550}{74200} \cdot \frac{610 - 31,68}{0 + 15,7} \right] = 255 \cdot 15,7 \cdot 1,77 = 7086 \text{ Вт/м}^2$$

или  $\tilde{q}_n = 6094 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час}$ . Результаты расчетов (для  $H = 1000 \text{ м}$ ) сведены в таблице 2.

Аналогичный расчет выполнен для  $H = 7500 \text{ м}$ , и результаты также сведены в таблице 2.

Зависимость  $\tilde{q}_n$  для рассматриваемых случаев полета при  $H = 1000 \text{ м}$  и  $H = 7500 \text{ м}$  приведена на рис. 4.

Таблица 2

$V_0$ м/сек	100	150	200	
$\tilde{\alpha}$ Вт/м <sup>2</sup> град.	298/146	412/202	518/255	по фор.(4)
$V_1$ м/сек	169/145	232 / 217	310/290	
$\tilde{t}_1$ °C	-26,7 / -26,25	-21,9 / -21,57	-15,7 / -15,0	по фор.(6)
$\tilde{X}$	1,40 / 1,4	1,57 / 1,55	1,74 / 1,7	по фор.(5)
$\tilde{q}_n$ Вт/м <sup>2</sup>	11378 / 7092	14166 / 8893	13825 / 7084	по фор.(5)

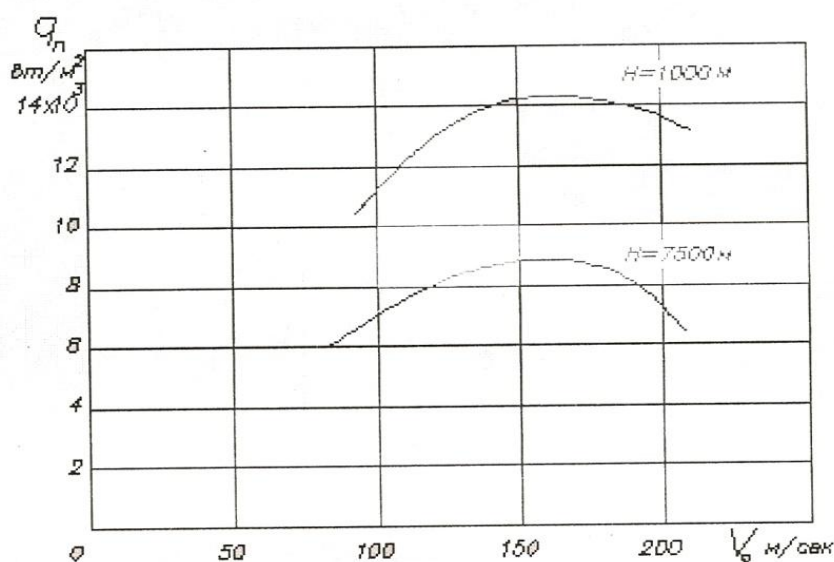


Рис.4 Необходимая плотность поверхностного теплового от скорости и высоты полета.

Для определения потребного расхода горячего воздуха противообледенительной системы постоянного действия, целесообразно расчет выполнить на основе следующих допущений:

- режим течения в пограничном слое является турбулентным над всей защищаемой поверхностью;
- температура поверхности  $t_n$  постоянна по площади;
- аэродинамический нагрев поверхности равен  $0^{\circ}\text{C}$ ;
- вся защищаемая поверхность представляется в виде плоской пластины площадью  $F$ ;

вся защищаемая поверхность смочена водой ( $\xi_{вл} = 1,0$ ).

При таких допущениях потребный расход горячего воздуха определяется по формуле

$$G = \frac{k \cdot \tilde{\alpha} \cdot (\tilde{t}_{п.вл.} - t_0) \cdot X \cdot F}{c_p \cdot (t_{вх} - \tilde{t}_{п.вл.}) \cdot \eta_m} \quad (8)$$

Коэффициент теплоиспользования противообледенителя находится из следующего выражения:

$$\eta_m = \frac{t_{вх} - t_{вых}}{t_{вх} - \tilde{t}_{п.вл.}} = \frac{100 \text{ }^\circ\text{C} - 50 \text{ }^\circ\text{C}}{100 \text{ }^\circ\text{C} - 0 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,5$$

где  $t_{вх}$  и  $t_{вых}$  - температура горячего воздуха, соответственно, на входе и выходе из противообледенителя;

$\tilde{t}_{п.вл.} = 0^\circ\text{C}$  - средняя температура защищаемой поверхности при установившейся подаче горячего воздуха.

$F = 1,2 \text{ м}^2$  - величина обогреваемой площади;

$k = 0,95$  - коэффициент, учитывающий потери тепла по длине трубопроводов от источника тепла до входа в противообледенитель;

$c_p = 0,24 \text{ ккал/кг град}$  - удельная теплоемкость воздуха.

Задаваясь температурой горячего воздуха на входе в противообледенитель  $t_{вх}$  и расчетной температурой влажной поверхности  $t_{п.вл}$  (обычно принимают, что  $t_{п.вл} = 0^\circ\text{C}$ ), можно быстро оценить необходимый расход воздуха при данной температуре обледенения  $t_0$ .

Суммарный расход горячего воздуха, необходимый для защиты от обледенения поверхности площадью  $F=1,2 \text{ м}^2$  при  $t_0 = -30^\circ\text{C}$  по формуле (8):

$$\text{для } H=1000\text{м} \quad G = \frac{0,95 \cdot 121 \cdot 1,2}{0,24 \cdot (100-0) \cdot 0,5} = 1157 \text{ кг/час} \quad \text{или } G = 0,32 \text{ кг/с};$$

соответственно

$$\text{для } H = 7500\text{м} \quad G = \frac{0,95 \cdot 7086 \cdot 1,2}{0,24 \cdot (100-0) \cdot 0,5} = 673 \text{ кг/час} \quad \text{или } G = 0,187 \text{ кг/с};$$

На взлетном режиме, полученный расход воздуха - 0,32 кг/сек, составляет 6,1% от расхода в 1 контуре ТРД. Соответственно, при крейсерском режиме полета - 0,187 кг/с также составляет 6,1%.

Для подвода горячего воздуха к носку крыла необходима распределительная труба, сечение которой можно вычислить по формуле

$$F = G/3600 \cdot \gamma \cdot V, \quad (9)$$

где  $G = 400$  кг/час - потребный расход воздуха на консольной части крыла;

$\gamma = 4,12$  кг/м<sup>2</sup> – весовая плотность горячего воздуха при давлении  $P=4,5$  кг/см<sup>2</sup> от десятой ступени компрессора;

$V = 40$  м/сек – скорость воздуха в трубопроводе на основании эксплуатационных данных вибрации и шума;

Толщина стенки трубопроводов из алюминиевых сплавов 0,8 – 1мм. Трубопроводы покрыты тонким слоем теплоизоляции из стеклоткани, толщиной 5-8 мм, с коэффициентом теплопроводности  $\lambda = 0,5$ вт/м · град.

Подставляя значения в формулу (9), получим  $F = 400/3600 \cdot 4,12 \cdot 40 = 0.00067$  м<sup>2</sup>, отсюда диаметр распределительной трубы составит 30мм.

В распределительной трубе  $d = 30$ мм, длиной  $l = 3,5$ м протекает горячий воздух со средней скоростью  $W = 40$ м/с. Температура воздуха  $t=100^{\circ}\text{C}$ . При этих данных коэффициент теплопередачи к внутренней стенке определится следующим образом:

при  $t = 100^{\circ}\text{C}$ , кинематическая вязкость воздуха  $\nu = 23,13 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с, коэффициент теплопроводности  $\lambda = 0,0321$  вт/м · °с, тогда число Рейнольдса будет

$$Re = \frac{W_0 \cdot d}{\nu} = \frac{100 \cdot 0,03}{23,13 \cdot 10^{-6}} = 1,3 \cdot 10^5$$

Число Нуссельта для труб круглого сечения, при турбулентном течении воздуха

$$\tilde{N} = 0,018 \cdot Re^{0,8} = 0,018 \cdot (1,3 \cdot 10^5)^{0,8} = 222$$

Коэффициент теплоотдачи трубы равен

$$\tilde{\alpha} = \tilde{N} \cdot \frac{\lambda}{d} = 222 \cdot \frac{0,0321}{0,03} = 237 \text{ вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Для определения температуры в распределительной трубе («пиколло») воспользуемся формулой, с помощью которой определим текущее значение температуры воздуха по длине трубы [1]

$$t = (t_{\text{вх}}^1 - t_{\text{ок.тр}}) \cdot e^{\frac{K_{\text{мп}} \cdot l}{c_p \cdot G_{\text{мп}}}} + t_{\text{ок.мп}}, \quad (10)$$

где  $t_{\text{ок.тр}}$  - температура окружающей среды вне трубопровода;

$t_{\text{вх}}^1 = 100^{\circ}\text{C}$  – температура воздуха на входе в распределительной трубе;

$\Pi = 0,094\text{м}$  – периметр трубопровода;

$C_p = 0,24$  ккал/ град. – удельная теплоемкость воздуха;

$G_{\text{тр}} = 400$  кг/час - потребный расход горячего воздуха;

$L = 3,5\text{м}$  – размах консоли крыла;

$K_{\text{тр}}$  – коэффициент теплопередачи определяемый по формуле

$$K_{\text{тр}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha'_{\text{тр}}} + \frac{\delta_{\text{из}}}{\lambda_{\text{из}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{окр.тр}}}} = \frac{1}{\frac{1}{114} + \frac{0,008}{0,5} + \frac{1}{66}} = \frac{1}{0,0339} = 29,4 \text{вт/м}^2 \cdot \text{град.}$$

где  $\alpha'_{\text{тр}} = 114$  вт/м<sup>2</sup> · град.- коэффициент теплоотдачи к внутренней стенке трубы;

$\alpha_{\text{окр.тр}} = 66$  вт/м<sup>2</sup> · град. – коэффициент теплоотдачи от наружной стенки трубопровода в окружающую его среду;

$\lambda_{\text{из}} = 0,5$  вт/м · град. – коэффициент теплопроводности стеклоткани;

$\delta_{\text{из}} = 8\text{мм}$  – толщина изоляции трубопровода.

Расчет произведен по формуле (10) для случая  $t_{\text{окр.тр.}} = 0^{\circ}\text{C}; -10^{\circ}\text{C}; -20^{\circ}\text{C}; -30^{\circ}\text{C};$

Полученные данные занесены в таблице 3.

таблица 3

	0м	0,5м	1,0м	1,5м	2,0м	2,5м	3,0м	3,5м
0 <sup>0</sup> С	100	98,57	97,16	95,77	94,40	93,05	91,72	90,41
-10 <sup>0</sup> С	100	98,42	96,87	95,34	93,84	92,35	90,89	89,45
-20 <sup>0</sup> С	100	98,28	96,59	94,92	93,28	91,66	90,06	88,49
-30 <sup>0</sup> С	100	98,14	96,30	94,50	92,72	90,96	89,24	87,53
-37 <sup>0</sup> С	100	98,04	96,11	94,20	92,33	90,48	88,66	86,86

При нагревании защищаемой поверхности нагретый воздух охлаждается и его температура в конце канала может значительно отличаться от  $t_{\text{вх}}$ . Для определения изменения температуры нагретого воздуха по длине рабочего канала крыла, когда расход остается постоянным, рассмотрим продольный канал консоли крыла (рис.5).

Выделим двумя поперечными сечениями элемент теплопередающей поверхности продольного распределительного канала и, рассматривая установившийся процесс теплообмена, составим уравнение теплового баланса

$$G_{\text{тр}} \cdot C_p \cdot dt = - K_{\text{кан.}} \cdot \Pi_x \cdot dx \cdot (t_x - t_0). \quad (11)$$

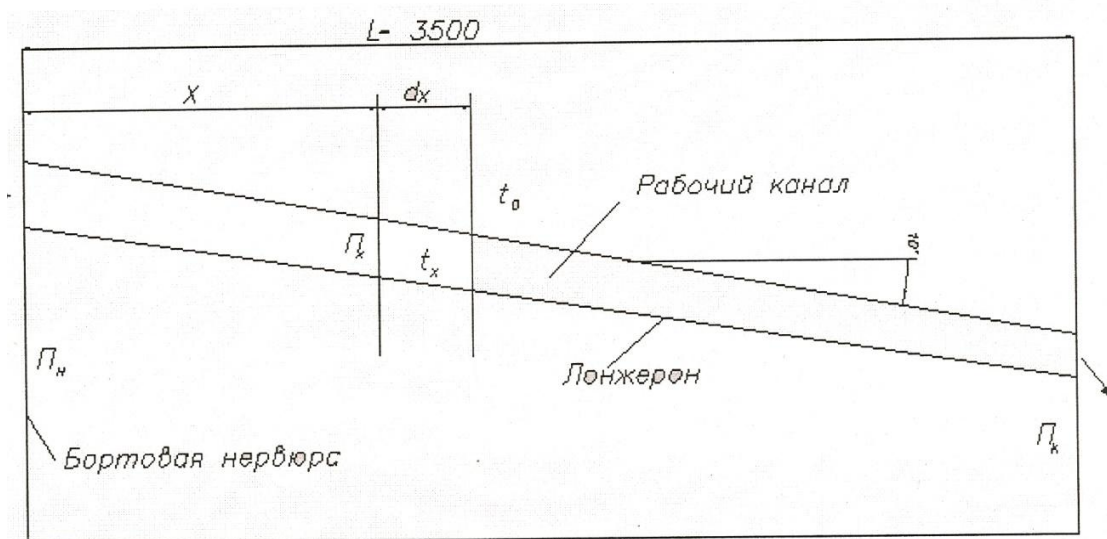


Рис.5. К определению температуры воздуха на носовой части крыла

Интеграл уравнения (11) имеет вид:  $t_x = (t_{вх} - t_0) \cdot e^{\frac{b}{2}x^2 - a \cdot x} + t_0$  (12)

здесь  $a = \frac{K_{кан} \cdot \Pi_n}{G_{кан} \cdot C_p}$ ;  $b = \frac{K_{кан} \cdot (\Pi_n - \Pi_k)}{L \cdot G_p \cdot C_p}$ ;

где  $\Pi_n = 0,83\text{м}$ . и  $\Pi_k = 0,38\text{м}$ . – параметры начального и конечного сечений канала.

$K_{кан}$ . – коэффициент теплопередачи, определяемый по формуле

$$K_{кан.} = \frac{1}{\frac{1}{\tilde{\alpha}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\tilde{\alpha}_{кан.}}} = \frac{1}{\frac{1}{409} + \frac{0,001}{170} + \frac{1}{66}} = \frac{1}{0,0174} = 57,47 \text{ вт/м}^2 \cdot \text{град.}$$

где  $\tilde{\alpha} = 409$  ватт/м<sup>2</sup>·град. – среднее значение коэффициента теплоотдачи внешней поверхности;

$\tilde{\alpha}_{кан.} = 66$  ватт/м<sup>2</sup>·град. – среднее значение коэффициента теплоотдачи в продольном канале;

$\delta = 1\text{мм}$ . – толщина обшивки;

$\lambda = 170$  вт/м · град.- коэффициент теплопроводности алюминия при  $t = 100^0\text{С}$ .

Расчеты, произведенные по формуле (12), даны в таблице 4. Из уравнения (12) следует, что изменение температуры воздуха передней кромки консоли имеет экспоненциальный характер (см.рис.6,а). Из графика можно сделать вывод, что



необходимо самостоятельный ввод горячего воздуха. На рис. 6,б показано изменение температуры внешней поверхности в случае ввода двух потоков горячего воздуха.

таблица 4

	0м	0,5м	1,0м	1,5м	2,0м	2,5м	3,0м	3,5м
0 <sup>0</sup> С	100	84,51	72,39	62,86	55,32	49,34	44,61	40,89
-10 <sup>0</sup> С	80	66,06	55,15	46,57	39,79	34,41	30,15	26,80
-20 <sup>0</sup> С	60	47,61	37,91	30,28	24,25	19,47	15,69	12,71
-30 <sup>0</sup> С	40	29,16	20,67	14,00	8,72	4,54	1,23	-1,37

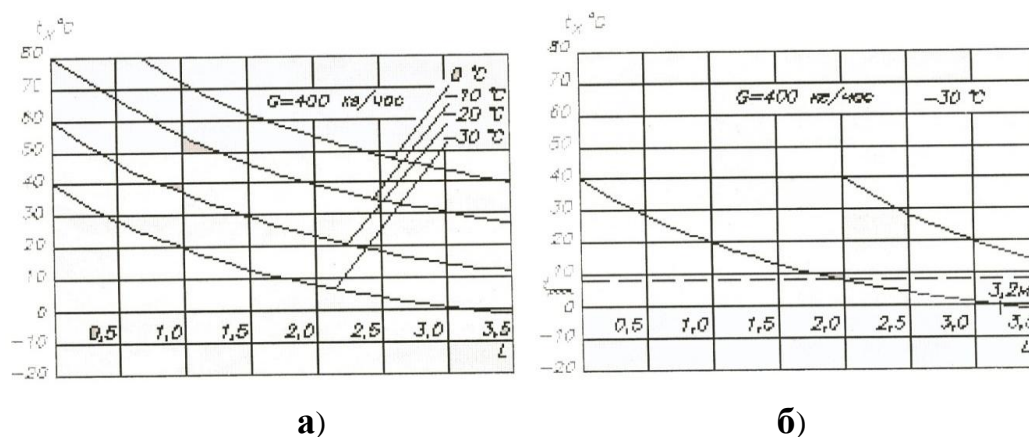


Рис.6 Изменение температуры поверхности лобовой части крыла

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В связи с ограничением величины температуры подводящего горячего воздуха в противообледенительную систему, необходимым становится применить секцию самостоятельного ввода горячего воздуха.
2. Распределительная труба «пиколло» составлена из двух секций : I секция длиной 2м и II секция – 1,5 м с самостоятельными вводами горячего воздуха. (см. рис.6).
3. Такая схема воздуха дает возможность без увеличения потребного горячего воздуха

обеспечить в контрольной точке (конец крыла) сохранение положительной температуры  $t_{\text{общ.}} = 0 + 8^{\circ}\text{C}$  при любых условиях обледенения.

4. На взлетном режиме, полученный расход воздуха – 0,32 кн/сек. составляет 6,1% от расхода в 1 контуре ТРД. Соответственно, на крейсерском режиме полета - 0,187 кг/сек также составит 6,1%. Полученные расходы воздуха уменьшают тягу двигателя в среднем на 30 кг.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мещеряков Т.П. Проектирование систем защиты самолетов и вертолетов. М.1977.
2. Системы оборудования летательных аппаратов под ред. А.М. Матвеевко и В.И. Бекасова. М.1986.
3. Трунов О.К. Обледенение самолетов и средства борьбы с ним. М. 1965.
4. Р.Х. Тенимев и др. Противообледелительные системы. М.1967.
5. Рипс С.М. Основы термодинамики и теплотехники. М.1968.

#### THERMODYNAMIC CALCULATION OF THE ANTI-ICING SYSTEM (On an example of the light aircraft TAM JET)

R. Zukakishvili, O. Tusishvili

**Abstract:** As it is known used thermal power is defined by the quantity of heat, which provides heating of a surface covering of the nasal part of the wing, which interferes an icing of considered surfaces of the a/c units.

In article is considered the technique of thermodynamic calculation of anti-icing system on an example of the light a/c TAM JET. On the basis of the received results the parameters of the distributive elements of wing construction are defined.

(Поступило 03.05.2010)

## Строительная механика самолета

### РОЛЬ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ АНАЛИЗЕ МНОГОСЛОЙНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Г. Г. Цирекидзе, С. Н. Блиадзе, Н. М. Беридзе, Т. З. Пулузашвили

(Авиационный университет Грузии, пр. Кетеван Цамебули, 16, Тбилиси,  
0103, Грузия)

*Резюме:* В данной работе рассмотрен один из актуальных вопросов, относящихся к анализу напряжений в оболочках и пластинах -важнейших элементах авиационных конструкций. Проведен прочностной анализ имеющихся моделей. Основной акцент сделан на анализе многослойных конструкций. Для разных вариантов нагрузок предложено оптимальное направление слоев и их количество.

**Ключевые слова:** Оболочка, напряжение, препрег, упругая деформация

#### 1. ВВЕДЕНИЕ

Долгое время при анализе тонкостенных конструкций использовался приближенный анализ. Метод конечных элементов дает возможность построения уточненного расчетного алгоритма для данных структур. Возможности изучения оболочных конструкций с помощью метода конечных элементов почти исчерпаны, так как в этом случае не существуют проблем, связанных с переменной толщин, анизотропностью. Но при описании напряженного состояния в оболочке нужно описать как мембранное состояние, так и кривизну поверхности оболочки. Первое, аналогично деформации в трехмерном континууме, а переменность кривизны характеризуется второй производной нормального перемещения. При создании первого поверхностного конечного элемента, появились трудности, связанные с решением задач тонкостенных конструкций. Построение такой аппроксимации для плоского конечного элемента довольно сложно, а для оболочек свободной формы является почти неразрешимой задачей.

Получается, что для изучения вопроса деформации оболочек теория метода конечных элементов не пригодна. Классическая теория была создана путем преобразования пространственных трехмерных задач в двумерные. При переходе граничного условия в функционале потенциальной энергии принимается вторая производная поперечного перемещения  $w$ . Такая диспропорция при описании поперечных  $u, v$  и продольных  $w$  перемещений является своеобразным преобразованием трехмерной задачи в двумерную.

Переменность кривизны поверхности непосредственно зависит от поля деформаций. Исходя из этого, главными граничными условиями вариационного уравнения будут прогиб и его первая производная, которые должны находиться в промежуточных гранях непрерывного конечного элемента.

## 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим некоторые варианты точной (неклассической) теории в случае пластин и оболочек. Для прямолинейной теории упругости, в координатной системе Декарта, соотношение между деформацией и перемещением имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x}; \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}; \quad \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}; \\ \gamma_{yz} &= \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial y}; \quad \gamma_{zx} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial z}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$  - линейные и угловые деформации;  $u, v, w$  - перемещения вдоль осей.

В случае выполнения гипотезы Кирхгофа-Лиавы, деформации с индексом  $z$   $\varepsilon_z, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$  равны нулю и вектор перемещения в любой точке определяется перемещением нейтрального слоя:  $u_0(x, y), v_0(x, y)$  и  $w_0(x, y)$ , т.е. с помощью трех неизвестных:

$$\begin{aligned} u &= u_0(x, y) - z \frac{\partial w_0(x, y)}{\partial x}; \\ v &= v_0(x, y) - z \frac{\partial w_0(x, y)}{\partial y}; \\ w &= w_0(x, y). \end{aligned} \quad (2)$$

При учете деформаций поперечного перемещения, вектор перемещения  $(x, y, z)$  представляет функцию переменных, которые можно раскрыть с помощью степени  $z$ :

$$u(x, y, z) = u(x, y, 0) + \left[ \frac{\partial u}{\partial z} \right] z \Big|_{z=0} + \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] z^2 \Big|_{z=0} + \dots \quad (3)$$

(3) является простейшим изображением перемещения, которое учитывает эффект поперечного перемещения:

$$u = u_0 + zu_1. \quad (4)$$

В данном случае вектор перемещения будет зависеть от шести перемещений:  $u_0(x, y), u_1(x, y), v_0(x, y), v_1(x, y), w_0(x, y), w_1(x, y)$ . Если допустить, что трансверсальные усилия и деформации не существуют, то в этом случае получится гипотеза Тимошенко:

$$\begin{aligned} u(x, y, z) &= u_0(x, y) + zu_1(x, y); \\ v(x, y, z) &= v_0(x, y) + zv_1(x, y); \\ w(x, y, z) &= w_0(x, y). \end{aligned} \quad (5)$$

Данные уравнения показывают, что линейные элементы перпендикулярны относительно недеформированной средней поверхности. Они остаются линейными и не деформируются, но в это же время не сохраняют перпендикулярность. Здесь  $u_0$  и  $v_0$  описывают деформацию растяжения-сжатия, а функций  $u_1, v_1$  и  $w_0$  - деформацию изгиба. В случае чистого изгиба уравнения будут иметь вид:

$$u = zu_1, \quad v = zv_1, \quad w = w_0. \quad (6)$$

В случае, если  $\varepsilon_z = 0$ , в пластинах возникают трансверсальные напряжения. По сравнению с напряжениями  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ , их значения очень малы. Поэтому, эта теория, где  $\sigma_z = \varepsilon_z = 0$  не доводит до правильного решения, так как нарушается трехмерное физическое соотношение между напряжениями и деформациями, что, в свою очередь, требует для  $\varepsilon_x, \varepsilon_y$  дополнительных граничных условий. Это действие будет обязательным и точность теории будет выше, если компоненты перемещения разбить линейно и после этого сохранить относительно  $z$  членов высокого порядка:

$$\begin{aligned}
 u &= \sum_{m=0}^n u_m(x, y) z^m; \\
 v &= \sum_{m=0}^n v_m(x, y) z^m; \\
 w &= \sum_{m=0}^n w_m(x, y) z^m.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

В случае криволинейных координат выражения будут иметь вид:

$$\begin{aligned}
 u &= \sum_{m=0}^n u_m(\alpha, \beta) \xi^m; \\
 v &= \sum_{m=0}^n v_m(\alpha, \beta) \xi^m; \\
 w &= \sum_{m=0}^n w_m(\alpha, \beta) \xi^m.
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

При моделировании оболочных конструкций применение трехмерного изотропного конечного элемента имеет ряд преимуществ и очень важно для криволинейных поверхностей. Данные модели дают хороший результат в том случае, если соотношение размеров сетки конечного элемента приближается к единице. Несмотря на это, для представления оболочных конструкций использование трехмерного изопараметрического конечного элемента будет гораздо эффективнее, если будут преодолены следующие препятствия:

- использование для толщины оболочки промежуточных узлов игнорирует известный факт, что даже при толстых оболочках нормали средней поверхности после деформаций остаются линейными;

- в каждом узле существование только трех степеней свободы влечет за собой рост упругости перемещения в толщине оболочки.

Существуют несколько путей преодоления данных препятствий. Среди них самый известный предложен Ш. Ахмадом. Идея этого конечного элемента состоит в том, что обе гипотезы теории оболочек (Кирхгофа-Лиавы и Тимошенко-Рейснера), перестраиваются непосредственно в уравнение трехмерного типа, путем прохода мимо этапа формулирования теории оболочек. Такой подход эквивалентен использованию общей

гипотезы оболочек, которая предусматривает перемещение нормали к средней поверхности оболочки.

В последнее время особое внимание уделяется структурному анализу конструкций, выполненных из анизотропных материалов, для чего необходимо знание точного направления слоев. Для этого рассмотрим жестко закрепленную пластину прямоугольной формы, состоящую из 11 слоев, на краях которой, соответственно, действуют нагрузки  $q_x=0.4\text{кг/мм}$  и  $q_y=0.2\text{кг/мм}$ , (рис. 1).

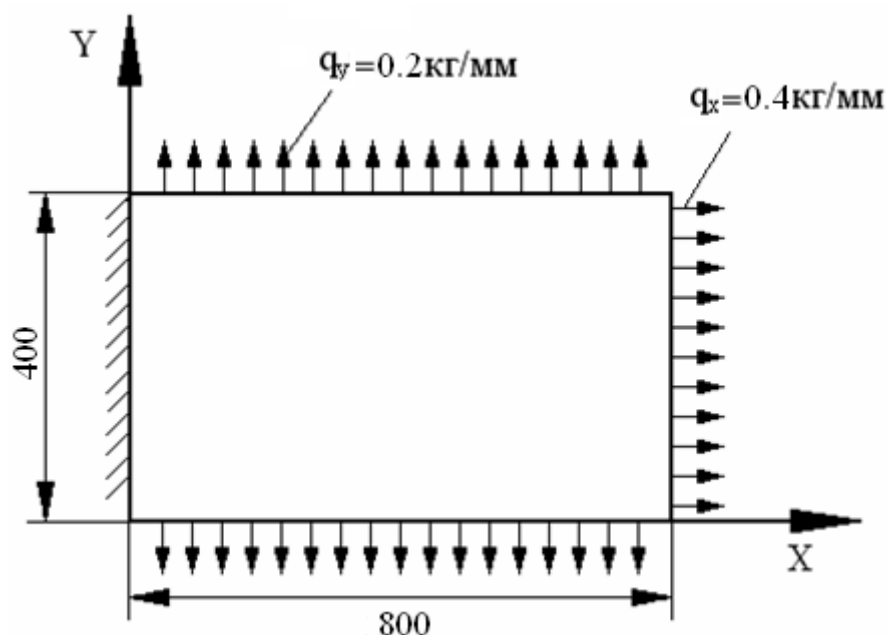


Рис. 1. Жестко закрепленная пластина

Численные эксперименты были проведены на препрегах, характеристики которых даются в таблице. Материалом выбраны однонаправленный и двунаправленный препреги углеволокна, толщины которых, соответственно, равны 0.15 и 0.2мм. Для двунаправленного препрега была выбрана схема выклейки слоев  $\pm 45^\circ$ , а для однонаправленного – 0 и  $90^\circ$ .

После проведения численного эксперимента можно убедиться в том, что оптимальная схема выклейки однонаправленного препрега 0 или 90 градусов. Конструкция такого вида гораздо лучше работает на растяжение, чем в случае двунаправленного препрега.

Характеристики для одно и  
 двунаправленных препрегов

Таблица

Механические характеристики	Проектные значения	
	T700G-12K-31E/#2510 Однонаправленный	T700S-12K- 50C/#2510 Двунаправленный
Предел прочности на растяжение в направл. 1	150	80,13
Модуль упругости на растяжение направл. 1	13 400	6 120
Коэффициент Пуассона в направл. 1	0,410	0,058
Предел прочности на растяжение в направл. 2	2,80	75,42
Модуль упругости на растяжение направл. 2	755	5 700
Предел прочности на сжатие в направл. 1	94,70	42,79
Модуль упругости на сжатие в направл. 1	10 340	6 681
Предел прочности на сжатие в направл. 2	10,7	42,5
Модуль упругости на сжатие в направл. 2	2, 034	5 450
Предел прочности на сдвиг	8,56	7,08
Модуль сдвига	480	460

Численный эксперимент был проведен с использованием программы Matlab, которая имеет высокую степень визуализации полученных данных. При этом результаты были сопоставлены с данными, полученными при помощи программы Nastran-Patran. Разница составила 3-5 процентов.

На рис. 2 приведена схема нагруженности слоев пластины, уложенных при выклейке под углом 0 градусов;

На рис. 3 приведена схема нагруженности слоев пластины, уложенных при выклейке под углом 90 градусов;

На рис. 4 даны величины перемещения пластины и схема разбивки ее на отдельные конечные элементы.



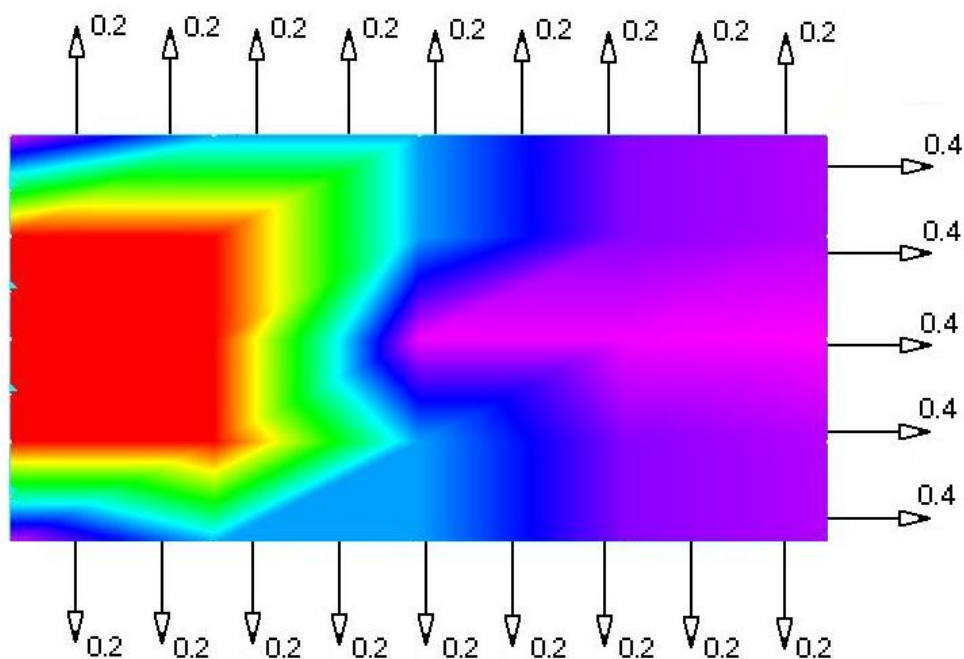


Рис. 2. Схема нагруженности слоев пластины, уложенных при выклейке под углом  $0^{\circ}$

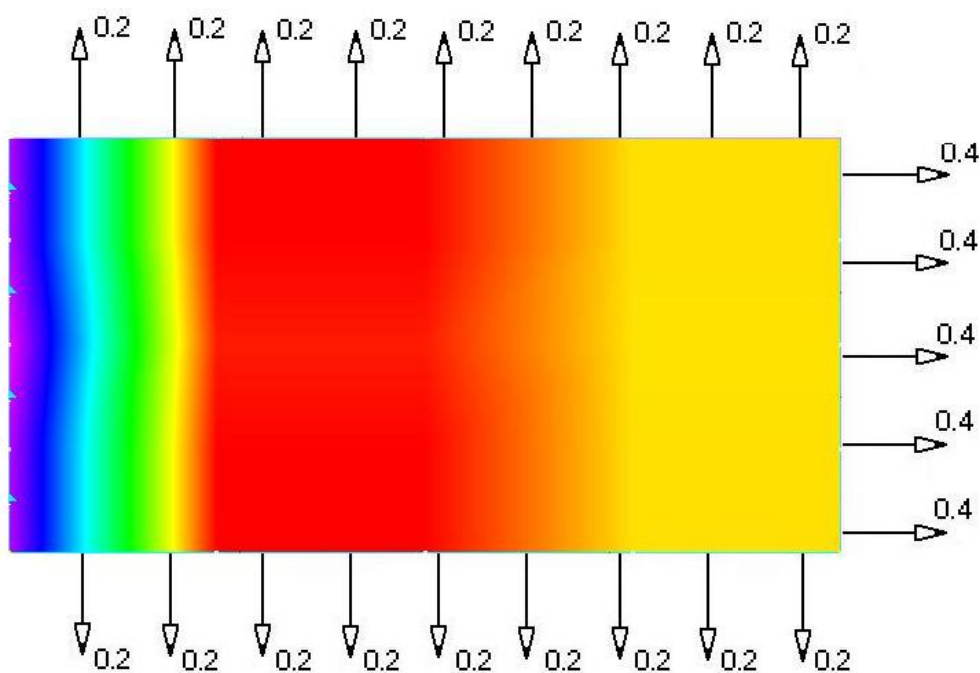


Рис. 3. Схема нагруженности слоев пластины, уложенных при выклейке под углом  $90^{\circ}$

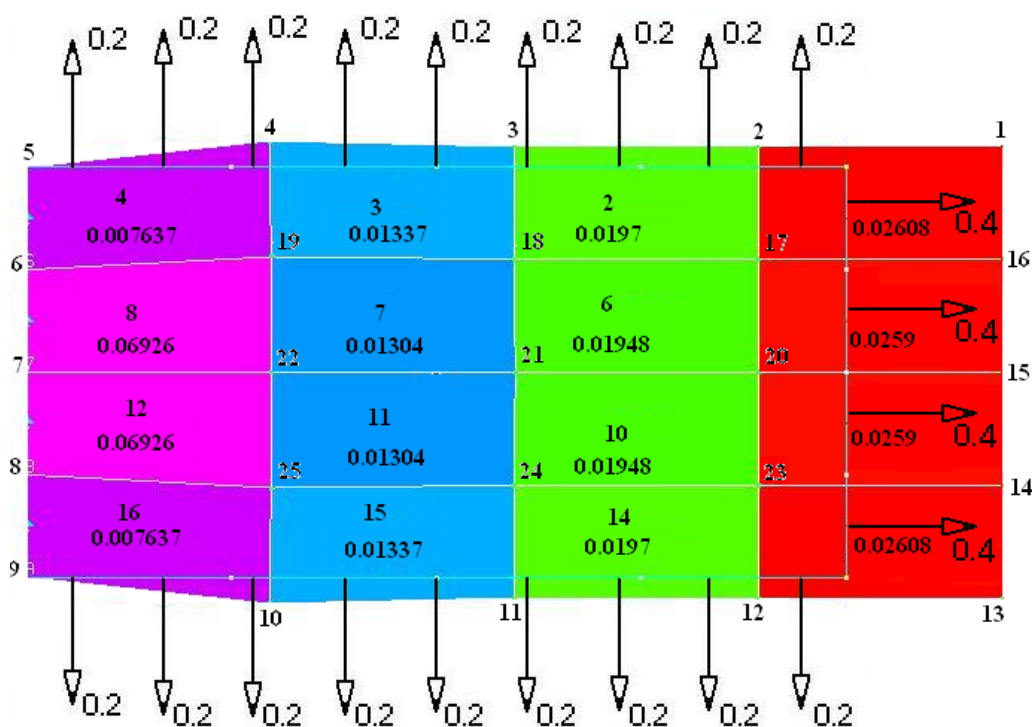


Рис. 4. Величины перемещения пластины и схема разбивки ее на отдельные конечные элементы при выклейке под углом  $0^{\circ}$

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Численный эксперимент показал, что при плоских задачах растяжения –сжатия особую роль играет выбор оптимального варианта углов при выклейке слоев. Несмотря на то, что однонаправленный препрег имеет худшие физико-механические свойства относительно направления оси Y по сравнению с осью X, при схеме выклейки слоев  $0$  или  $90$  градусов он гораздо лучше работает по сравнению с двунаправленным препрегом при тех же углах выклейки. Сравнительный анализ показал, что при схеме выклейки слоев  $+45^{\circ}$  или  $-45^{\circ}$  конструкция из однонаправленного препрега имеет худшие прочностные характеристики.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А.Я., Соловьев Ю.И. Пространственные задачи теории упругости. М.: Наука, 1978.-462с.

2. Александров А.Я., Куршин Л.М. Трехслойные пластинки и оболочки./Прочность, устойчивость, колебания./М.,1968.т.2 – 326с.
3. Бате К., Вильсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов./ Пер. с англ.-М.: Стройиздат, 1982. - 448с.
4. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности./ Пер. с англ.-М.: Мир, 1987.
5. Занкевич О. Метод конечных элементов в технике./Пер. с англ.- М.: Мир, 1975. – 541с.
6. Тимошенко С.П., Гудьер Д.К. Теория упругости./ Пер. с англ.- М.: Наука, 1975.– 575с
7. Alan Baker Composite materials for aircraft structures. /American institute of aeronautics and astronavtics, 2004.-597p.
8. Michael C.Y. Niu Composite airframe structures / Hong Kong conmlit press, 1996.-660p.

#### RULE OF NUMERICAL EXPERIMENTS AT THE ANALYSIS OF MULTILAYERED ANISOTROPIC DESIGNES

**G. Tsirekidze, S. Bliadze, N. Beridze, T. Puluzashvili**

**Abstract:** In the given work one of the pressing questions of building mechanics who concerns the analysis of perssure in environments and plates in considered. In given clause are resulted durablity the analysis of aviable models. the basic is made on the analysis of multilayered designs. Thus is gicen an optimum directions of layers and their quantity, for different variants of loadings.

(Поступило 15.03.2010)

Исследования полупроводниковых материалов  
для авиационного приборостроения

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ  
ПЛЕНОК ПОЛУТОРНОГО СУЛЬФИДА ТУЛИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО  
КАДМИЕМ И СВИНЦОМ**

К.Д. Давитадзе\*, Т.А. Минашвили<sup>1</sup>

(Авиационный университет Грузии, пр.Кетеван Цамебули 16, Тбилиси, 0103,  
Грузия, Грузинский технический университет, пр.Мераба Костава 75,  
Тбилиси, 0175, Грузия)

**Резюме:** В работе описано исследование технологии изготовления тонких пленок полуторного сульфида тулия и их легирование кадмием и свинцом. Изучалось влияние легирующего элемента на электро и фотоэлектрические свойства, была изучена спектральная зависимость фотопроводимости и фото-ЭДС в 0.2-3.3 эв энергетическом интервале. Проводилась интерпретация полученных данных в предположении, что главную роль в фотопроводимости играют акцепторные уровни в катионной подрешетке при их компенсации донорными атомами кадмия и свинца. Определена энергия ионизации донорного уровня свинца. Полученные материалы характеризуются высокой фоточувствительностью, что можно широко использовать в производстве авиационного приборостроения.

**Ключевые слова:** тонкие пленки, полуторный сульфид, легирование, фотопроводимость, донор, акцептор, энергия ионизации.

Полуторные сульфиды редкоземельных элементов принадлежат к группе полупроводников с высокой запрещенной зоной. Эти материалы характеризуются высоким значением вакансии в катионной под-решетке [1], высокой проводимостью, значительной фотопроводимостью и рассматриваются как перспективные лазерные материалы, практикующиеся в оптоэлектронных и навигационных приборах. Данная работа предлагает

---

\* Профессор

<sup>1</sup> Профессор Грузинского технического университета

технологии изготовления тонких пленок полупроводящего сульфида, их легирование кадмием и свинцом и измерение фотоэлектрических свойств.

Изготовление тонких пленок  $Tm_2S_3$  проводилось методом вакуумно-термического испарения из двух независимых испарителей тулия и серы [2]. Подложкой служили ситалл, лейкосапфир и монокристаллический кремний. В процессе напыления температура подложки составляла 870К, вакуум в камере –  $10^{-5}$  мм.рт.ст. Температура испарителей тулия и сера соответственно – 1200К и 370К. Расположение подложки и испарителей определялось эмпирически. Полученные пленки были толщиной 1.2 – 1.8 мкм. Была снята рентгенодифрактограмма, при помощи которой была определена постоянная решетки  $a=12,46 \text{ \AA}$ , которая была идентична данным, полученным в [2] для порошка  $\theta$ - $Tm_2S_3$ .

Легирование пленок свинцом проводилось в закрытом объеме методом диффузии из твердой фазы. Пленки предварительно напылялись тонким слоем свинца (8 -15 мкм) вакуумным испарением при  $10^{-6}$  мм.рт.ст. При напылении температура подложки была ~400К, а температура испарителя свинца - ~1300К. После чего пленки охлаждались до комнатной температуры, помещались в кварцевой ампуле  $\sim 10^{-5}$  мм.рт.ст. вакууме, при ~900К и производили диффузионный отжыг в течении 18-25 ч.

Легирование кадмием проводилось в закрытом объеме из газовой фазы. В разных концах ампулы в высоком вакууме помещалась пленка и ~10-15г сверхчистый кадмий. Ампулу помещали в двухсекционную печь при температуре ~900К в течении 15-45 часов. При этой температуре давление пара кадмия составляло  $\sim 1.3 \cdot 10^{-2}$  мм.рт.ст.

Как показал рентгенографический анализ, легирование ни свинцом, ни кадмием не способствовали появлению дополнительных фаз.

Для того, чтобы установить влияние легирующего элемента на электро- и фотоэлектрические свойства, а также определить энергию ионизации в температурном интервале 80-500К, была изучена спектральная зависимость фотопроводимости и фото-ЭДС в энергетическом интервале 0.2-3.3 эв. При комнатной температуре измерено удельное сопротивление. Измерением термо-ЭДС установлен тип проводимости. Все пленки оказались n-типа. Легирование кадмием в разных пленках вызывает уменьшение удельного сопротивления на 3-9 порядка, свинцом – на 7-8 порядка. Все расчеты фотоэлектрических параметров проводились при равных количествах фотонов, которые соответствовали 0-13  $\text{вт/см}^2$  интенсивности падающего излучения.

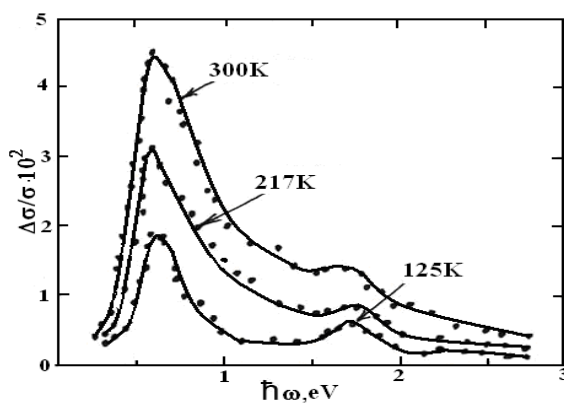


рис.1 Спектральная зависимость фотопроводимости для  $\theta\text{-Tm}_2\text{S}_3\text{:Pb}$

На рис.1 показана спектральная зависимость фотопроводимости для  $\theta\text{-Tm}_2\text{S}_3$  легированных свинцом, где наблюдается энергетические максимумы при 0.51 эв энергии, что соответствует главному донорному состоянию свинца [3]. В то-же время, на 112K и  $\hbar\omega=0.435\text{эв}$  (рис.2) выявляется максимум с меньшей интенсивностью, которая постепенно исчезает по росту температуры.

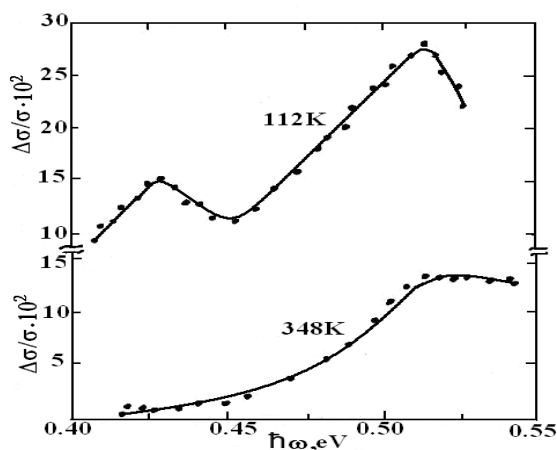


рис.2 Тонкая структура в спектре фотопроводимости для  $\theta\text{-Tm}_2\text{S}_3\text{:Pb}$

Можно предположить, что наблюдаемый пик на 0.51эв связан с возбуждением донорного уровня свинца, а энергетический интервал между основным и первым возбужденным уровнем равняется 0.075эв.

На рис.3 показана спектральная зависимость фотопроводимости  $\theta\text{-Tm}_2\text{S}_3$  при легировании кадмием.

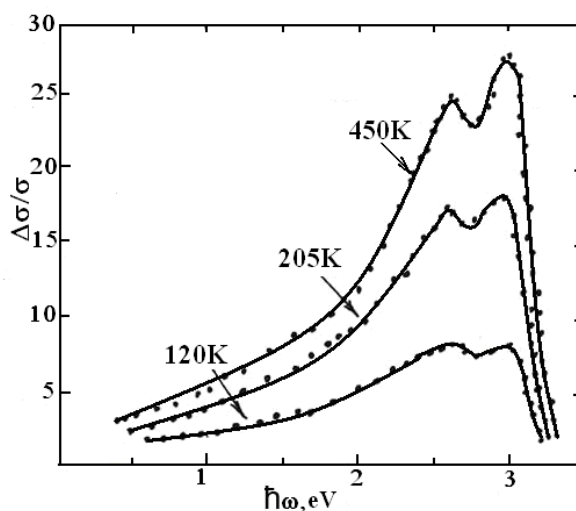


рис.3. Спектральная зависимость фотопроводимости для  $\theta$ - $Tm_2S_3: Cd$

Спектральная зависимость фоточувствительности у длинноволновой грани указывает на то, что на формирование грани поглощения непрямой межзонный переход электронов не участвует. Он близок к экспоненциальному, что хорошо соответствует итогам исследований спектральной зависимости оптических параметров [4]. Если учесть, что скорость диффузии довольно велика и после легирования получены пленки с электронной проводимостью, а также после отжига начальное высокое сопротивление восстановилось. Можно предположить, что примесные атомы расположены в узлах кристаллической решетки.

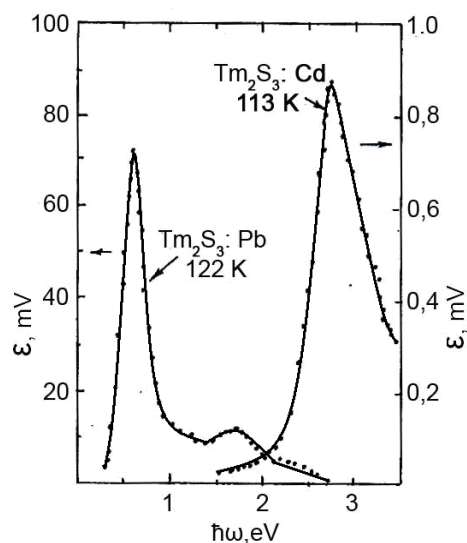


Рис.4 Спектральная зависимость фото-ЭДС при различных температурах

На рис.4 представлена спектральная зависимость фото-ЭДС легированных пленок. Надо отметить, что особенно при легировании кадмием, наблюдается высокая фоточувствительность, вызванная тем, что кадмий образует тонкий донорный уровень - обнаружение каких –либо структур в длинноволновом участке до энергии 0.2эВ не удалось. Это объясняется тем, что соответствующий максимум расположен в глубоком инфракрасном уровне и можно предположить, что и на низких температурах происходит ионизация донорного уровня. Роль этого максимума в фотопроцессах выявляется в компенсации акцептиров, то-есть в увеличении времени жизни и фоточувствительности фотопроводников. Надо отметить, что для всех пленок зависимость фоточувствительности от температуры была близка к экспоненциальной, что свойственно и для пленок, полученных в работе [5].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые получена тонкая пленка полупрозрачного сульфида тулия кубической сингонии, с постоянной решетки  $a=12,46 \text{ \AA}$ . Проведено легирование кадмием и свинцом и впервые была изучена спектральная и температурная зависимость фотопроводности и фото-ЭДС. Установлено, что легирование увеличивает фоточувствительность. Полученный материал может представлять большой интерес в производстве фоточувствительных структур для авиационного приборостроения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Handerson J.R., Muramoto M.J., J.Chem.Phys., Optical Spectrum of Single-Crystal  $\text{Nd}_2\text{S}_3$  52,2311, (1970)
2. Джабуа З.У., Лочошвили Т.С., Тетеловшвили М.Г., Давитадзе К.Д., Мазмишвили Г.А., Глурджидзе Л.Н. Приготовление тонких пленок полупрозрачного сульфида тулия. Сообщ.АН ГССР, 1994, т.150, с.107.
3. Brixner L.H. Structure and electrical properties of some new rare earth arsenides, antimonides and tellurides. J.Inorg.Nucl.Chem., 2000, v.15, p.199-201.
4. Кузмичева Г.М., Старина Е.И., Хлюстова С.Ю., Чернышев В.В. Кристаллическая структура  $\Theta\text{-Tm}_2\text{S}_3$ . Журнал неорганической химии, 1990, т.35, вып.4, с.869-873



5. Jabua Z.U., Dadiani T.O., Gigineishvili A.V., Stamateli M.I., Davitadze K.D., Iluridze G.N. Phys.Stat.Sol. (Russ.), Optical and photoelectrical properties of  $\text{Nd}_2\text{S}_3$  doped and undoped thin films. 2006, 48, 6, p.1397.

## PREPARATION AND PHOTOELECTRICAL PROPERTIES OF CADMIUM-AND LEAD-DOPED THULIUM SESQUISUFIDES THIN FILMS

K. Davitadze, T. Minashvili

**Abstract:** Given paper deals with technology of preparation of thin thulium sesquisulfide films, there alloying with Cd and Pb and study the spectral and temperature dependences of photoconductivity and photo-emf, which measured in photon energy range 0.2 -3.3 eV at temperature 115 to 350K. The interpretation of received experimental data has been carried out with supposition of basic role of photosensitivity of acceptor levels formed by vacancies in cation sublattice during their compensation by introduced donors of Cd and Pb. The energies of donor level ionization of lead and acceptor state formed by vacancies of Tm in  $\text{Tm}_2\text{S}_3$  thin films have been determined.

(Поступило 19.11.2009.)

Международные экономические отношения

**О ВОЗМОЖНОСТИ КОНВЕРГЕНЦИИ ФИНАНСОВОЙ ПОЛИТИКИ  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ ГРУЗИИ**

**В.В. Какабадзе\*, Э.Э. Барбакадзе\*\***

**(Авиационный Университет Грузии, пр. Кетеван Цамебули 16, Тбилиси, 0103,  
Грузия)**

**Резюме:** *В статье проанализирован прошедший период экономических реформ Грузии, Азербайджана и Армении и даны рекомендации для улучшения инвестиционной среды, путем конвергенции финансовой политики, что со своей стороны является предпосылкой экономического развития такой значительной отрасли, как авиация, которая нуждается в больших капиталовложениях.*

**Ключевые слова:** Конвергенция, GSP система, политика дорогих денег, политика дешевых денег, политика «открытой двери».

**1. Установление возможностей конвергенции финансовой политики между государствами Грузии, Азербайджана и Армении.**

**ВВЕДЕНИЕ**

В 1999 году Грузия стала членом Совета Европы. Это безусловно крупное достижение, хотя пока не означает, что Грузия уже является неотъемлемой частью единой Европы, поскольку для этого необходимо стать членом Евросоюза (ЕС) и НАТО.

Внешнеполитический курс Грузии должен быть направлен на максимальную минимизацию внешних угроз безопасности государства. Скорейший вывод иностранных вооруженных сил с территории Грузии входит в общие интересы США, Азии и Европы.

Грузия должна принимать многоаспектные экономические и политические меры, направленные против сепаратизма, с тем, чтобы Грузия имела возможность интеграции в третью волну расширенной Европы и НАТО.

---

\* Профессор.

\*\* Докторант Авиационного Университета Грузии.

Одно из главных направлений политики Грузии должно быть основано на твердой поддержке принципов и ценностей демократии, признавая демократию, как наиболее качественную модель справедливого и эффективного управления.

В целях защиты свободы и демократии, Грузия подтверждает общее желание принять участие в создании новой объединенной Европы, основанной на общем европейском наследии.

Грузия может стать ключевой географической точкой в процессе распространения демократии и рыночной экономики в странах Центральной и Юго-Западной Азии, на северном Кавказе.

Стратегическими партнерами Грузии являются те страны, которые играют ведущую роль как в регионе, так и в мировой глобальной политике. Таковыми являются Украина, Турция, Иран и США. Такой внешнеполитический курс даст возможность избежать перманентных конфронтаций, что безусловно, будет способствовать совместному противостоянию реальным вызовам безопасности, ускорит экономическое развитие, повысит благосостояние страны.

Грузия, все интенсивнее вовлекается в международное разделение труда. Прежде всего, это связано с приватизацией, возросшим интересом зарубежных инвесторов, реализацией энергетических и транспортных проектов (Баку – Тбилиси – Ахалкалаки – Карс, «НАБУКО» и т.д.). На данный момент Грузия поддерживает торговые отношения с 129 странами. При этом отрицательное сальдо торгового баланса наблюдается с 108 странами, а положительное – всего с 21.

Благоприятная перспектива в области внешнеторговой политики открывается для Грузии и в связи с тем, что с 1 апреля 2005 года вступил в силу новый режим системы общих преференций, посредством которых ЕС уже более 30 лет оказывает содействие развивающимся странам.

В рамках старой схемы системы общих преференций в 2003 году Грузия улучшила свой рейтинг, переместившись с 65 (2002 г.) места на 53. В 2002 г. Грузия экспортировала в рамках системы общих преференции в ЕС продукцию на сумму в 18.5 млн долларов. В 2004 году этот объем возрос до 52 млн долларов. В 2009 году – 55 млн долларов.

**Одной из основных задач экономики Грузии является насыщение внутреннего рынка конкурентоспособной отечественной продукцией, обеспечение роста экспортного потенциала и прогрессивное развитие транспортной инфраструктуры,**

**чтобы оно стало безальтернативной составляющей частью Евроазиатского транспортного коридора.**

### **1.1. Основа конвергенции финансовой политики**

Анализ прошедшего периода экономических реформ, проходящих в Грузии, Азербайджане и Армении и формирования политического вектора подтверждает, что возможность сближения финансовой политики между этими государствами зависит от трех обстоятельств, в частности, от: 1. Совпадения экономических интересов, которое находит явное выражение в инвестиционной заинтересованности этих государств; 2. Политических интересов, которые носят биполярный характер (Азербайджан: – Грузия, Россия; Армения: Россия, США; Грузия: США, Россия) для всех трех государств. Северное государство – Россия является союзником по принуждению[1,2]; 3. Возможности развития демократических ресурсов, под которыми подразумеваются все те человеческие или материальные ресурсы, которыми обладают данные государства или создаются на основании помощи демократических государств (США и государств ЕС).

На основании вышеуказанных обстоятельств возможно выделить три этапа сближения финансовой политики: **первый этап**, который охватывает 1991-1995 года. Этот период включает период военных действий. Это тот период, когда в пределах региона, на основании политических интересов создаётся основа экономического сотрудничества. В этом периоде была заложена основа международным проектам и финансовым интересам, а именно между Азербайджаном и Грузией, на основании политического инвестирования западными странами. Армения в этом периоде формируется как государство, проводящее строго политику России; **Второй этап** включает 1995-1999 года. Это период начала экономического подъёма в Грузии, Азербайджане, Армении и реабилитации пришедшей в упадок в результате мирового финансового кризиса (1998г.) экономики, сближения финансовой политики между этими государствами и вообще, возвращения на начальную стадию интеграции; **Третий этап** включает 1999-2008 годы. Третий этап в Грузии можно разделить на предреволюционный, послереволюционный (после Революции Роз) периоды и период августовских событий (анексия Россией территорий Грузии и мировой финансовый кризис), или менее активный, активный и снова менее активный инвестиционные периоды. Армения и в этом периоде остаётся союзником России.

## 1.2. Единая инвестиционная среда как основа конвергенции финансовой политики

Конвергенция финансовой политики – это сложный процесс, который пока ещё окончательно не завершён даже между странами ЕС. Это, несмотря на то, что в этих государствах существует единая валюта, а инвестиционная политика является носителем политики «открытой двери» и создаются все условия. Таким образом, с целью конвергенции финансовой политики в Грузии, Азербайджана и Армении, как это было осуществлено в ЕС, необходимо провести инвестиционную политику «открытой двери», а с этой целью в Кавказском регионе в целом, необходимо сформировать желаемую инвестиционную среду, которая, в свою очередь, требует решения следующих задач: **первое**, достижение макроэкономической стабильности, которая приостанавливает инфляцию, задерживает падение производства и создаёт благоприятную среду для инвесторов. Одной из благоприятных сред привлечения инвестиций в Грузии считается предложенная США GSP<sup>1</sup> система. 29 июня 2001 года Президент США Джордж Буш принял решение включить Грузию в список стран пользующихся GSP системой. **Второе**, создание цивилизованного правового пространства, которое будет подкреплено законами рыночной экономики; **Третье**, выдвигание на передний план стимулирующей роли государства в финансовой политике, что несомненно укрепит финансовое положение предприятий и будет способствовать их инвестиционной активности.

На основании анализа, на пути осуществления мероприятий по макроэкономической стабилизации и структурным преобразованиями, проходящими в Грузии, Азербайджане и Армении было выделено **три** этапа, а именно:

**На первом этапе** (вторая половина 1990 года), в этих государствах развился глубокий экономический кризис, который коснулся фактически всех сфер экономики. Особенно сложную проблему создавал дефицит наличности в этом периоде. В всех трёх государствах развились высокие инфляционные процессы. Указанные процессы ещё больше обострила неконтролируемая кредитная эмиссия. Например, в Грузии со второй половины 1993 года до октября 1994 года в стране развился гиперинфляционный процесс. В 1994 году темп инфляции составил 60-70 % в месяц;

---

<sup>1</sup> GSP (Generalized System of Preferences) система является программой, разработанной, чтобы продвинуть экономический рост в развивающихся странах.

**Второй этап** – с 1995 года в государствах кавказского региона (с небольшим отличием) началось активное осуществление экономических реформ, в которых важную роль играют международные финансовые организации. За этими реформами последовало замедление темпов роста инфляции, что оказало положительное воздействие на формирование курса национальной валюты отдельных стран и стабилизацию финансовых институтов. В Грузии второй этап совпал с введением национальной валюты – лари. На этом этапе в Грузии была заложена основа политике «дорогих денег». Немного позднее подобная политика была осуществлена в Армении. Эта политика выражалась в приостановлении упадка экономики и достижении определенного экономического роста, однако, мировой финансовый кризис 1998 года отрицательно сказался и на Грузии, а также Армении и в меньшей степени – на Азербайджане, поскольку у него не было широких экономических связей с Россией, а финансовый кризис, который впоследствии перерос в экономический, проник в Грузию и Армению из России.

В сентябре 1998 года финансовый кризис отрицательно повлиял и на рынок кредитных ресурсов Армении и Грузии. Преодолеть этот кризис эти два государства смогли объединением банков с небольшим капиталом, т.е. на основании увеличения уставного капитала. На основании анализа этих и других обстоятельств, анализ формирования и деятельности коммерческих банков в Грузии и Армении позволил выявить и выделить те положительные и отрицательные тенденции, которых можно назвать одним из благоприятствующих и сдерживающих факторов сближения финансовой политики. **Положительными тенденциями являются:** Банковская реформа в Грузии и Армении осуществленная в пределах международных норм, что выразилось в улучшении их качественного показателя на фоне количественного сокращения коммерческих банков и создании конкурентноспособной среды[2]; Тенденция увеличения депозитов, по сравнению с заёмными средствами, свидетельствует о том, что увеличение необходимых для коммерческой деятельности ресурсов в этих странах происходит посредством размещения денежной массы в банковских каналах, а это является основой для осуществления инвестиции и поэтапное увеличение минимального уставного капитала в значительной степени обусловило процесс консолидации и укрепления банков. **Из отрицательных тенденций** следует отметить следующие.

В этих странах действует простая модель банковской системы, или у всех имеется одинаковая, идентичная структура; процентная ставка на ссудные ресурсы высока;

денежная масса, находящаяся в обороте вне банковских каналов, большая как в национальной, так и в иностранной валюте; значителен рост процессов "долларизации" национальной экономики.

**Третий этап** – начался с 1999 года и продолжается по сей день. В этом периоде, государства кавказского региона накопили достаточный опыт в международных экономических отношениях. Грузия, Азербайджан и Армения со всеми странами ввели в действие такие финансовые договоры, как «О избежании двойного налогообложения», упростили систему оплаты безналичного расчета (были сняты формальности), закон, регулирующий инвестиционную среду, приблизили к международным нормам и т.д.

Однако, в Грузии, Азербайджане и Армении пока ещё существуют такие факторы, которые волей-неволей можно считать причинами сдерживания сближения финансовой политики между этими странами. Это: пока ещё в меньшей степени чувствуется связь макроэкономического регулирования с требованиями реформ на макроуровне; сдерживание инфляции достигнуто ценой невиданного сокращения производства и роста реальной безработицы населения и катастрофического падения доходов. Главным сдерживающим фактором роста экономики предстала реализация кардинального требования монетарной политики: чрезмерное ограничение денежной массы и, исходя из этого, максимальное сокращение платежеспособных потребностей.

### **1.3. Конвергенция региональной финансовой политики и экономический риск**

Кредитно-финансовое регулирование инвестиций находится в прямой связи с инвестиционной средой данной страны и соседних государств, поскольку финансовые решения инвестиционного характера непосредственно зависят от упорядоченности целого ряда политических, социально-экономических и культурных факторов[5].

Одним из важнейших вопросов государственной инвестиционной политики является формирование благоприятной инвестиционной среды, которая является движущим рычагом финансовой политики и создаёт основу для конвергенции финансовой политики. Понятие «инвестиционная среда» само по себе включает все те факторы, которые имеются в виду в понятии проведения финансовой политики и которые, в конечном счёте, должны отразиться в политике экономической безопасности страны, поскольку сближение финансовой политики, если уровень экономического развития этих государств отличается, может сопровождаться высоким риском.

Риск-факторами, которые могут возникнуть перед данной страной до включения в единую финансовую политику, могут быть: **экономический риск**, который может возникнуть в результате значительных ожидаемых изменений в экономической структуре данной страны, и повышение вероятности того, насколько повлияют эти изменения на ожидаемую отдачу инвестиции и доход государства. **Политический риск**-одно государство оказывается под политическим давлением другого государства. **Микроэкономический риск**- это совокупность тех отрицательных последствий, которые могут возникнуть в процессе ежедневного развития микрофинансовых институтов и малого бизнеса в отдельном государстве. **Суверенный риск**-связан с ожидаемой гражданской нестабильностью внутри страны.

Вышеописанные риски могут сопровождаться риском принятия решения, связанного с вложением средств в государствах, находящихся в конвергенции инвесторов оставшихся вне конвергенции финансовой политики государств.

Принятие решения об осуществлении инвестиций происходит в результате маркетинговых исследований рынка и предложенных рынком инноваций, которое состоит из довольно резко выраженных семи этапов: проведение маркетинговых исследований; принятие решений об инвесторах; привлечение свободных собственных средств или инвестиций на финансовый рынок; начальные инвестиционные вложения; При этом, следует учесть и то, что в условиях экономической глобализации возможны приобретение, производство, использование и потребление любых ресурсов в любой точке земли, несмотря на их принадлежность к стране. Это означает то, что для развития главным является не само по себе владение каким-нибудь ресурсом, а способность доступа к нему, в том числе способность его покупки на глобальных рынках, или привлечения капитала в стране; производственный этап; товарный этап; денежный этап. Все перечисленные этапы инвестирования осуществляются на конкурентном рынке.

Среди факторов, отрицательно действующих на формирование среды конвергенции финансовой политики, одним из самых важных являются социально-политическое положение в Грузии, Азербайджане и Армении и неурегулированность территориальной целостности этих государств[3]. Вследствие этого обстоятельства Азербайджан избегает открытия предприятий или филиалов в Армении и более того, пытается оставить Армению за рамками международных проектов. Это подтверждает последний международный проект («НАБУКО»), которого эксперты по экономике Грузии уже



упоминают как бесспорное условие восстановления «Великого шелкового торгового пути».

В случае осуществления нового международного проекта-«НАБУКО», между Грузией и Азербайджаном можно говорить не только о сближении финансовой политики, но и формировании единой политики. При этом, осуществление этого проекта создаст взаимно благоприятную инвестиционную среду, которая повысит мотивацию инвестора, обусловленную тем фактором, что инвестор вкладывает капитал в ликвидное государство и важной характеристикой этой ликвидности будут: первое, благоприятное географическое расположение; второе, гарантия политической безопасности со стороны европейских государств и стран Запада, в том числе и со стороны США; третье, членство Грузии в НАТО или военная безопасность[3].

#### **1.4. Региональный рынок ценных бумаг как основа конвергенции финансовой политики**

Формирование регионального рынка ценных бумаг в значительной мере будет способствовать росту ликвидности акций и облигаций компаний Грузии, Азербайджана и Армении, повышению уровня торговли и, соответственно, конвергенции финансовой политики. В настоящее время очевидно, что во всех трех государствах Кавказского региона заинтересованность в ценных бумагах низка.

Создание общего регионального рынка ценных бумаг зависит от доброй воли государств Кавказского региона и тех мероприятий, которые должны быть направлены на развитие законодательной базы действия этого рынка, которая защитит интересы инвесторов Грузии, Азербайджана и Армении, будет способствовать развитию добросовестного бизнеса и налоговой среды, защитит корпоративные интересы компаний этих государств.

Как известно, в Грузии, Азербайджане и Армении и сегодня проходит приватизация в форме конкурса, аукциона, аренды-выкупа и прямой продажи. В условиях всех этих форм, обслуживание приватизацией осуществляет в основном государственное учреждение, с учётом узких интересов, что в нередких случаях проигрышно с точки зрения региональной экономики. А приватизация посредством биржи региональных ценных бумаг (в случае формирования) будет способствовать оздоровлению конкурентной среды, находящихся в интеграции государств и этот процесс станет более плодотворным (подразумевается экономическая прибыльность), публичным, безопасным

и при этом, формируется реальная, объективная рыночная цена на продаваемое имущество.

### **1.5. Банковская система как основа конвергенции финансовой политики**

В Грузии, Азербайджане и Армении банковская система функционирует в основном на базе построенных на международных нормах законов и соответствующих подзаконных актов, что необходимо для углубления конвергенции финансовой политики.

Коммерческие банки функционируют в экономике не изолировано, а взаимосвязанно[2]. Эта взаимосвязь проявляется при межбанковском расчёте, или: при функционировании расчётной сети государственного банка; посредством корреспондентских банков, которые расчёт осуществляют на основании заключенного между собой договора; посредством банков, уполномоченных на производство определенного вида расчёта и осуществление платежей; посредством клиринговых центров.

Исходя из указанного, можно сказать, что в современных условиях банки являются не случайной, а закономерной и необходимой совокупностью, или «банковская система является образующей единого целого, множеством элементов связей и отношений, которая создает основу финансовой конвергенции между странами, в нашем случае между Грузией, Азербайджаном и Арменией».

Банковская система в Грузии, Азербайджане и Армении носит рыночный характер. Можно сказать, что в этих государствах на сегодняшний день полностью завершен процесс формирования банковской системы, сформирована двухъярусная банковская система. На первом ярусе государство является банком, который выполняет роль фискального агента, и его основными задачами являются: достижение и сохранение стабильности цен, покупательной способности национальной валюты и обеспечение функционирования денежно-кредитной системы.

Государственный банк постоянно заботится об усовершенствовании инструментов денежно-кредитной политики, повышении эффективности механизма монетарной политики и усилении своего влияния на экономику. Таким образом, становится понятным, какое значение придается банковской системе в конвергенции финансовой политики между государствами Грузии, Азербайджана и Армении.

Государственные банки Грузии, Азербайджана и Армении имеют сходные функции. А именно: разработка и осуществление денежно-кредитной и валютной политики; лицензирование и надзор за банковской деятельностью и валютнообменными пунктами; владение, хранение и распоряжение официальными международными резервами; выполнение роли агента фискальной политики и соответственно, обеспечение эффективного функционирования надежной и устойчивой кредитно-финансовой системы. При этом, государственный банк независим в своей деятельности. Законодательные и исполнительные органы страны не имеют права включиться в его деятельность; государственный банк независим экономически и все расходы обеспечивает собственными доходами; основной целью денежно-кредитной политики государственного банка является финансовая поддержка национальной экономики в повышении общего уровня производства, окончательной целью которой является достижение темпов роста производства, полное трудоустройство и сохранение минимального уровня инфляции. Таким образом, сближение финансовой политики и соответственно, банковских систем Грузии, Азербайджана и Армении снимет в регионе такие негативные экономические явления, как: рост инфляционных процессов; падение темпов производства. Вообще, следует отметить, что банковская система любой страны и финансовый сектор в общем тогда стоят на сильном и устойчивом фундаменте, когда за обращением финансов и так сказать, существующей в стране денежной массой стоит реальное производство. В таком случае работа банковского сектора более эффективна и степень доверия к нему выше.

При осуществлении конвергенции финансовой политики в кавказском регионе обязательно надо помнить то, что если конвергенция финансовой политики в регионе станет **основой осуществления политики дорогих денег** за ней последует сокращение резервов коммерческих банков до того уровня, за которым начинается сокращение объема ссуд, тогда/однако политика дешевых денег обеспечивает коммерческие банки необходимыми денежными резервами, т.е. увеличивает возможность выдачи ими ссуд. Но и здесь возникает вопрос, поскольку эта политика не даёт разъяснение того, что коммерческие банки действительно выдают ссуды и подача денег увеличивается. Значит, мы можем сделать краткий вывод, исходя из того, что и в ЕС пока не произошла полная конвергенция финансовой политики. Таким образом, в ближайшем периоде осуществление этой политики между Грузией, Азербайджаном и Арменией так же маловероятно. Особенно вследствие тех негативных обстоятельств, которых называют

политическим разногласием и, если такой процесс всё же начался, то необходимо учесть те риск-факторы, которые рассмотрены в этом исследовании. Что касается вопроса формирования регионального коммерческого банка, можно сказать что он будет гарантом развития и активизации банковской деятельности отдельных государств (Грузии, Азербайджана и Армении); а активизация должна быть параллельным процессом, сопровождающим общее экономическое усиление того или иного конкретного государства и улучшение уровня жизни населения. При этом, она должна стать одной из предпосылок общеэкономической мощи находящихся в интеграции государств и этот процесс возможно заложит основу формированию конфедерации кавказских государств.

Уровень развития регионального банка в значительной степени будет зависеть от инвестиционной среды в Грузии, Азербайджане и Армении, механизмов регулирования банковской деятельности и положения в других сегментах финансовой сферы, а также от помощи США, которая заключается в **принятии участия в формировании регионального банка или возможности быть одним из учредителей, что обеспечит политическую и финансовую безопасность банка. Формирование Кавказского регионального банка также благоприятно для США, поскольку Америка сможет использовать тот же банк для осуществления на Кавказе желательной для неё политики.**

Наконец, международный опыт показывает, что успешное ускорение экономического развития наиболее возможно интенсификацией экономических отношений между соседними странами, в рамках различных форм экономической интеграции. Как правило, сначала интегрируются рынки соседних государств, что обусловлено близостью источников ресурсов и более низкими затратами на транспортирование.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье проанализированы: прошедший период экономических реформ Грузии, Азербайджана и Армении, их фактический и ожидаемый политический и экономический вектор. Определены возможности сближения финансовой политики и на основании этих возможностей выделены три этапа сближения финансовой политики которые включают период военных действий на Кавказе – 1991-1995 года, период начала экономического подъема в Грузии, Азербайджане и Армении и реабилитации упада

экономики, вызванного мировым финансовым кризисом (1998 г.)-1995-1999 года и менее активный и активный период инвестиционной деятельности – 1999-2008 года (до августовских событий – агрессии России в Абхазии и Цхинвальском регионе. До мирового финансового кризиса).

В статье также указано, что конвергенция финансовой политики-это сложный процесс, который окончательно ещё не завершен даже между странами ЕС. Это несмотря на то, что между этими государствами существует единая валюта, а инвестиционная политика является носителем политики «открытой двери» и созданы все условия. Таким образом, с целью конвергенции финансовой политики в Грузии, Азербайджане и Армении, как это было осуществлено в Евросоюзе, необходимо провести инвестиционную политику «открытой двери», а с этой целью, в Кавказском регионе в целом, необходимо создать желаемую инвестиционную среду. При этом, в статье рассмотрены те экономические и политические риски, которые могут возникнуть из-за наличия нежелательных эндогенных и экзогенных факторов и которые создадут барьеры в инвестиционном процессе Грузии, Азербайджане и Армении.

В статье подчеркнута то, что для активации интеграционных процессов кавказских стран необходимо создать региональный банк, одним из учредителей которого будет США, что обеспечит экономическую безопасность этого банка и поможет США в осуществлении на Кавказе желательной политики.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

- 1. Какабадзе В. Роль США и России в интеграционных процессах на Кавказе (Несогласие интересов на Кавказе). Центр по изучению Америки, Ассоциация Грузии по изучению Америки. К., V. Тб. Тбилисский государственный Университет им. Ив. Джавахишвили 2008. Стр. 65-67 (на грузинском и английском языках).**
- 2. Какабадзе В. Маисурадзе Н. Банковская система США и деньги. 2005, «Знание». 51 с.**
- 3. Какабадзе В. Конфликт интересов в Кавказском регионе. Тбилиси, 2008 г. Журн. «Бизнес и законодательство», №5, стр. 86-89. (на грузинском языке).**

4. Хвтисиашвили А. Генерализованная система преференций (GSP). Международный центр торговой политики и права Грузии. 2009 г. 59 с. – [khvtisiashvili@consultant.com](mailto:khvtisiashvili@consultant.com) (на грузинском языке).
5. Исмаилов Э., Папава В. Центральный Кавказ и экономика Грузии. «Нурлан», Баку, 2004. 207 с.

#### THE POSSIBILITIES OF CONVERGATION OF FINANCIAL POLITICS FOR THE ECONOMIC RELATIONSHIP OF GEORGIA

V. Kakabadze, E. Barbakadze

**Abstract:** In the work is analyzed the recent period of economic reforms in Georgia, Armenia and Azerbaijan and is given the improving recommendations of investment environment by means of financial politics convergence of economic development, for such important and bold investment requiring field as Aviation.

(Поступило 23.12.2009)

Экономико-математические методы

## ЭКОНОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИБЫЛИ АВИАКОМПАНИИ

А.В. Давитадзе\*, А. В. Нониадзе\*\*

(Авиационный университет Грузии, пр. Кетеван Цамебули 16, Тбилиси,  
0103, Грузия)

**Резюме:** Для анализа эксплуатационных доходов, издержек и прибыли в авиакомпаниях с помощью показателя рентабельности, коэффициента занятости кресел в воздушном судне и учитывая их количество, для пассажирских перевозок разработана эконометрическая модель прибыли авиакомпаний. Построена квадратная функция прибыли, с соответствующим графиком (парабола), установлена нулевая точка прибыли и те промежутки, где авиакомпания получает прибыль или терпит убытки, а с помощью производной этой функции установлен промежуток маргинальной прибыли, который указывает влияние перевозки каждого следующего пассажира на темп изменения прибыли.

**Ключевые слова:** эконометрическая модель прибыли, нулевая прибыль, маргинальная прибыль.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В условиях рыночной экономики главной целью любого авиационного предприятия является получение максимальной прибыли. Прибыль, как последний финансовый итог производственной деятельности, усиливает интерес авиационного производства, для более успешного использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов. Прибыль с одной стороны используется для дальнейшего развития и финансового

---

\* Профессор

\*\* Докторант Грузинского технического университета

капиталовложения авиакомпаний, а с другой стороны она является важным источником доходов в государственный бюджет.

Полученная прибыль от пассажирских перевозок для каждой авиакомпании индивидуальна и ее величина равняется разности между эксплуатационной прибылью и издержками авиационного производства. Поэтому на конкретный рейс для разных авиакомпаний общий эксплуатационный доход, издержки и прибыль разной величины и зависят от типа воздушного корабля, от постоянного (фиксированного) и переменного значения эксплуатационных затрат, рассчитанных на одного пассажира, от значения нулевой прибыли и показателя рентабельности, от сезонной динамики спроса на авиаперевозки и цены билетов. Например, в сравнении с высоким сезоном, при низком сезоне, малое количество пассажиров [1,2] на некоторых воздушных направлениях делают полеты нерентабельными. Для того, чтобы в период низкого сезона авиакомпании не прекращали полет и не потеряли пассажиров, в кратковременный период работают на нулевой прибыли или убытках, а затраты покрываются от сверхнормативной прибыли во время высокого сезона. Но в конкурентной среде без прибыли авиакомпании не смогут функционировать долго.

Для конкретных случаев с целью сохранения конкурентоспособности для постановки маркетинговой стратегии, авиакомпания должна учесть создание плана деятельности, чем и определяется емкость коммерческого груза воздушного судна на разных направлениях воздушных линий, по которой авиакомпания терпит максимальный убыток, получает нулевую и максимальную прибыль, также определить полученный доход на перевозку дополнительно одного пассажира, который при коммерческой нагрузке для разных емкостей воздушного корабля увеличивает прибыль или уменьшает убыток авиакомпании.

## **2. НУЛЕВАЯ ТОЧКА ПРИБЫЛИ И МАРГИНАЛЬНЫЙ ПРОМЕЖУТОК ПРИБЫЛИ АВИАКОМПАНИИ**

На примере пассажирских перевозок авторами проведено аналитическое исследование функции прибыли и маргинальной ( предельной) прибыли авиакомпании.

Если количество перевозимых пассажиров обозначить –  $x$ , переменную затрату  $k$  и фиксированную затрату на одного пассажира  $b$ , то функция полных эксплуатационных затрат осуществляемых для  $x$  пассажиров будет равна

$$C(x)=kx+b, \quad (1)$$



а если доход авиакомпании от пассажирских перевозок обозначим  $R(x)$ , который равен пассажирскому тарифу, умноженному на количество пассажиров, то

$$R(x) = P(x)x. \quad (2)$$

откуда функция пассажирского тарифа будет равна

$$P(x) = \Phi(x)q. \quad (3)$$

$\Phi(x)$  - функция затрат, принадлежащая единице продукции, а  $q$  - рентабельность.

Если обозначить коэффициент занятости кресел  $\beta$ , а количество пассажирских кресел в данном типе самолета  $n$ , то функция затрат, на единицу продукции примет такой вид

$$\Phi(x) = \frac{C(x)}{\beta n}, \quad (4)$$

а прибыль, которая обозначает разность между эксплуатационным доходами и затратами можно представить, как [3,4,5]

$$M(x) = R(x) - C(x). \quad (5)$$

Изучим функцию прибыли и сделаем соответствующий вывод

$$\begin{aligned} M(x) &= R(x) - C(x) = P(x)x - (kx + b) = \Phi(x)qx - (kx + b) = \frac{C(x)q}{\beta n}x - (kx + b) = \\ &= \frac{(kx + b)q}{\beta n}x - kx - b = \frac{kqx^2 + bqx}{\beta n} - kx - b = \frac{kqx^2 + bqx - \beta nkx}{\beta n} - b = \\ &= \frac{kqx^2 + (bq - \beta nk)x}{\beta n} - b = \frac{kq}{\beta n}x^2 + \frac{bq - \beta nk}{\beta n}x - b. \end{aligned}$$

т.е. функция прибыли имеет вид

$$M(x) = \frac{kq}{\beta n}x^2 + \frac{bq - \beta nk}{\beta n}x - b. \quad (6)$$

$M(x)$  - квадратная функция, ее график парабола. Легко заметить, что  $\frac{kq}{\beta n} > 0$ . Поэтому ветви параболы направлены вверх. Определим точку пересечения параболы с осью абсцисс (т.е. точку нулевой прибыли). Дискриминант трехчлена будет

$$D = \left( \frac{bq - \beta nk}{\beta n} \right)^2 - 4 \frac{kq}{\beta n} (-b) = \left( \frac{bq - \beta nk}{\beta n} \right)^2 + \frac{4bkq}{\beta n}.$$

Ясно, что  $D > 0$ , поэтому корни уравнения (6)  $x_1$  и  $x_2$  будут точками нулевой прибыли.

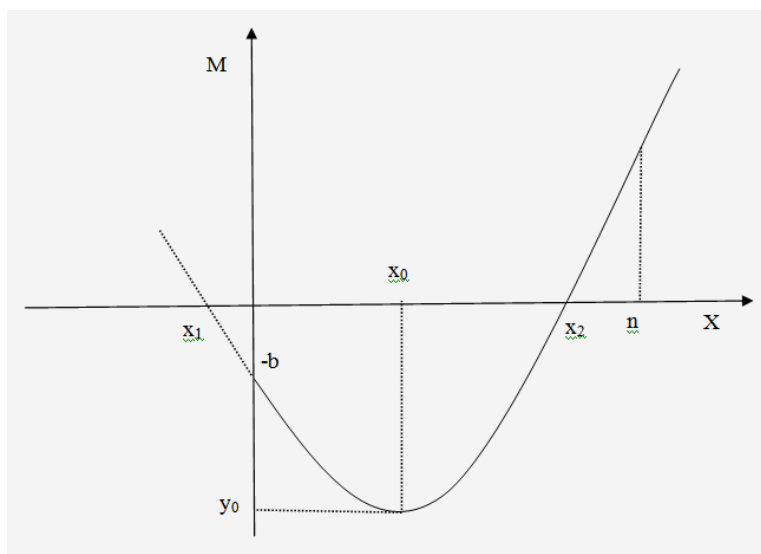
Для построения параболы нужно найти координаты вершины параболы  $(x_0, y_0)$ .

Для параболы  $y = ax^2 + bx + c$ ,  $x_0 = -\frac{b}{2a}$ ,  $y_0 = -\frac{b^2 - 4ac}{4a}$  а в случае функции (6)

$$x_0 = -\frac{\frac{bq - \beta nk}{\beta n}}{2 \frac{k}{\beta n}} = \frac{bq - \beta nk}{2k},$$

$$y_0 = -\frac{\left(\frac{bq - \beta nk}{\beta n}\right)^2 - 4 \frac{kq}{\beta n} (-b)}{4 \frac{kq}{\beta n}} = -\frac{(bq - \beta nk)^2 - 4\beta nk bq}{4\beta nk} = \frac{(bq - \beta nk)^2}{4\beta nk} + bq.$$

$bq - \beta nk$  всегда отрицательная, по этому  $x_0 > 0$ . Так как ветви параболы направлены вверх и  $D > 0$ , по этому  $y_0 < 0$ .



В точке  $-b$  эксплуатационные издержки авиакомпании равняются фиксированной затрате, исходя из того, что коэффициент занятости кресел в воздушном судне равен нулю. В промежутке  $(0, x_0)$  переменные затраты для перевозки пассажиров увеличивают полные затраты авиакомпании, а доходы так малы, что величина убытка до точки  $x_0$  увеличивается. Авиакомпания терпит максимальный убыток в точке  $x_0$ . В промежутке  $(x_0, x_2)$  убыток уменьшается потому, что увеличивается количество пассажиров и параллельно увеличивается доход, полученный в виде цены билета. В точке  $x_2$  авиакомпания выходит на нулевую прибыль, т.е. в точке  $x_2$  эксплуатационная прибыль авиакомпании

равна эксплуатационным издержкам. В промежутке  $(x_2, n)$  прибыль авиакомпании возрастает и в точке  $n$  достигает своего максимального предела.

Для того, чтобы полностью представить, какое влияние оказывает разница в количестве пассажиров на прибыль авиакомпании, обязательно надо знать маргинальную переменную функции эксплуатационных затрат, дохода и прибыли, что в данном случае представляется производной функции (6).

Например, маргинальная функция для прибыли  $M(x)$  будет  $M'(x)$ . Если авиакомпания перевезет одним пассажиром больше  $(x+1)$ , то разница прибыли равна  $M(x+1)-M(x)$ .

Для достаточно малой  $h$   $\frac{M(x+1)-M(x)}{h}$ , когда  $h \rightarrow 0$ , совпадает производной функции  $M(x)$  и  $M'(x) \approx M(x+1)-M(x)$ . Из функции (6) получим

$$M'(x) = \frac{2kq}{\beta n}x + \frac{bq - \beta nk}{\beta n}.$$

Прибыль начинается, когда  $M'(x) > 0$ ,  $\frac{2kq}{\beta n}x + \frac{bq - \beta nk}{\beta n} > 0$ ,  $\frac{2kq}{\beta n}x > -\frac{bq - \beta nk}{\beta n}$ ,

(потому, что  $2kq/\beta n > 0$ ),  $x > -\frac{bq - \beta nk}{\beta n} \cdot \frac{2kq}{\beta n} = -\frac{bq - \beta nk}{\beta n} \cdot \frac{\beta n}{2kq} = -\frac{bq - \beta nk}{2kq}$ .

$$x > -\frac{bq - \beta nk}{2kq}. \quad (7)$$

Рассмотрим конкретный пример. На воздушной линии Тбилиси-Киев-Тбилиси для воздушного судна типа Boeing 737-300 приняты следующие данные  $k=9000$  лари,  $b = 33000$  лари,  $q = 1,37$ ,  $\beta = 0,6$ ,  $n = 240$ . По этим данным функция (6) примет следующий конкретный вид

$$M(x) = 85,625x^2 - 8686,04x - 33000. \quad (8)$$

Найдем корни трехчлена:

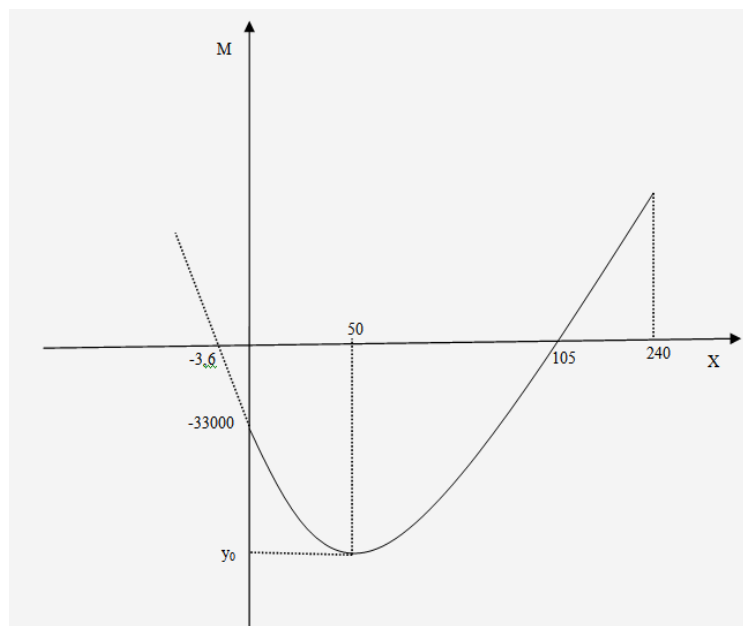
$$D = 86749790; \sqrt{D} = 9313,95;$$

$$x_1 = \frac{8686,04 + 9313,95}{2 \times 85,625} = 105; \quad x_2 = \frac{8686,04 - 9313,95}{2 \times 85,625} = -3,6$$

Найдем координаты вершины параболы

$$x_0 = \frac{-8686,04}{2 \times 85,625} = 50,74; \quad y_0 = \frac{-86749790}{2 \times 85,625} = -506568,11.$$

График будет выглядеть так



В нашем примере используя (7), получим

$$x > -\frac{45210 - 1296000}{24660} = 50,$$

$$x > 50.$$

$$M'(50) = 171,25 \times 50 - 8686,04 = -123,54 \text{ лари},$$

$$M'(51) = 171,25 \times 51 - 8686,04 = 47,47 \text{ лари},$$

$$M'(52) = 171,25 \times 52 - 8686,04 = 218,96 \text{ лари}.$$

Как показал анализ, проведенный авторами, на конкретном примере, авиакомпания терпит максимальный убыток в точке  $x_0$ , то есть тогда, когда коммерческая нагрузка воздушного судна составляет 50 пассажиров. В промежутке  $(x_0; x_2)$  перевозка дополнительно одного пассажира уменьшает убыток на 171 лари. В том случае, когда на данный воздушный рейс коммерческая нагрузка составляет 105 пассажиров, авиакомпания полностью покрывает эксплуатационные затраты и выходит на значение нулевой прибыли. Если количество перевозимых пассажиров составляет 240, прибыль авиакомпании достигает своего максимального уровня.

Данную модель рекомендуется использовать и для грузовых перевозок.

### 3. ВЫВОДЫ

Разработанная авторами эконометрическая модель даст возможность авиакомпаниям, при разработке маркетинговой стратегии, установить уровень прибыли для разного процентного показателя занятости кресел на воздушном судне, на конкретные направления воздушных линии.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Думбадзе Н., Сухиташвили Ю., Нониадзе А. Экономика гражданской авиации, «Бартон», Т. 2009, 399 с. (На грузинском языке).
2. Кулаев Ю.Ф., Экономика гражданской авиации Украины – Киев, 2004, 666 с.
3. Натрошвили Д, Гиоргашвили Л. Математика для экономистов, Изд. «Глобал-Принт», Тб.,1999, 564 с. (На грузинском языке).
4. Гогиберидзе Н., Основы математического анализа для бизнеса, ESM, Тб., 2008, 267 с. (На грузинском языке).
5. Современная инженерная математика, под ред. Глин Джеймса, изд. «Глобал-Принт», Тб., 2001, 890 с. (На грузинском языке).

### THE ECONOMETRICAL MODEL OF AVIATION COMPANY'S PROFIT

**A. Davitadze, A. Noniadze**

**Abstract:** In Aviation enterprises, for exploitation incomes, expenditures and profits analyze, profitableness indices in aircrafts, coefficient of taking seats in the armchairs, considering the quantity of passenger transportation is worked out the econometrical model of Aviation companies. Generally there was constructed quadratic function of profit, according to its relevant drawing (parabola) was established the zero profit point and those intervals where the aviation company suffers the loss and the profit. And according to the profit function production is established the interval of marginal profit, which defines each additional passenger's impact on the rate of profit change.

(Поступило – 30.11.2009)

Секторная экономика

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ФОРМИРОВАНИЕМ АВИАТАРИФОВ И УСЛУГАМИ ПРИ СЕРВИСНОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПАССАЖИРОВ

Н. И. Думбадзе,\* Ю. В. Сухиташвили,\* А. В. Нониадзе\*\*

(Авиационный университет Грузии, пр. Кетеван Цамебули 16, Тбилиси,  
0103, Грузия)

**Резюме:** *В условиях мирового глобального экономического кризиса и ужесточившейся конкуренции авиаперевозчики придают все большую значимость качеству услуг на пассажирские авиаперевозки, которые обеспечивают удовлетворение потребности населения в перемещении, особенно на средние и дальние расстояния.*

*В статье исследована экономическая взаимосвязь между формированием тарифов на авиаперевозки и качеством предоставляемых услуг на разных технологических этапах сервисного обслуживания пассажиров.*

*На основе балльных оценок независимых экспертов и анкетного опроса пассажиров, была проведена дифференциация услуг сервиса, а также определена их весомость при воздушных перевозках для пассажиров различных классов обслуживания.*

*Установлено понятие «справедливый» авиатариф, при котором пассажир оплачивает именно те услуги, которые ему необходимы.*

**Ключевые слова:** Авиатариф, конъюнктура рынка, сервисное обслуживание, ранжирование весомости услуг, воздушное судно (ВС).

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Геополитическое положение Грузии и ее территориальные особенности в большой степени определили особую значимость авиационных пассажирских перевозок. В настоящее время, в условиях мирового экономического кризиса и ужесточившейся конкуренции, при тенденции общего спада объема пассажирских авиаперевозок,

---

\* Профессор

\*\* Докторант Грузинского технического университета

авиакомпаниям вынуждены прибегать к нетрадиционным методам выживания. С учетом постоянных колебаний параметров конъюнктуры рынка, авиаперевозчики прибегают к рыночным методам определения цены, постоянно анализируя альтернативные варианты тарифов на пассажирские перевозки и приводя их в соответствие с качеством предоставляемых пассажирам услуг.

Важно учесть, что привлечение пассажиров на рейсы авиакомпаний возможно как ценовыми, так и неценовыми методами [4,5]. В частности: регулированием графика полетов, повышением уровня обслуживания пассажиров как на земле, так и на борту воздушного судна, общей благожелательностью обслуживающего персонала и др.

Отмеченные методы в условиях конкуренции приобретают для авиакомпаний все большую значимость. Как показали исследования, проведенные фирмой BBoeing [1], долю сегмента авиаперевозчиков на международном авиарынке предопределяют такие факторы, как: приемлемость графика полета, комфортабельность воздушного судна, имидж авиакомпаний, стоимость авиаперевозок (авиабилета).

В то-же время подбор стратегии формирования пассажирских авиатарифов производится исходя из целей авиакомпаний (табл. 1).

Табл.1

**Стратегия формирования пассажирских тарифов на услуги авиакомпаний**

<b>Цели авиаперевозчиков</b>	<b>Применяемые стратегии тарифообразования</b>
Максимизация прибыли	Стратегия «высоких» тарифов, стратегия «снятия сливок»
Проникновение на авиарынок путем воздействия на конкурентов	Стратегия, ориентированная на повышение качества транспортной услуги; стратегия, ориентированная на условия конкуренции
Увеличение доли рынка	Стратегия «низких» тарифов
Стимулирование спроса	Стратегия «льготных» тарифов; стратегия бонусов и скидок

По мнению авторов статьи, на сегодняшний день для национальных авиаперевозчиков Грузии, основной целью является проникновение на авиарынок путем воздействия на конкурентов и стимулирование спроса на пассажирские авиаперевозки. При выборе методов формирования пассажирских тарифов на воздушные перевозки следует учесть такие факторы [1,3], как расширение сети маршрутов полета по направлениям,

дифференциация обслуживания по качеству, финансовое состояние авиакомпаний, прибыль населения и его платежеспособность, предрасположенность населения к накоплению и потреблению, спрос на услуги авиационного транспорта, тарифы конкурентных авиакомпаний и др.

## 2. Ценообразование и сегментация спроса

По мнению авторов, методы ценообразования можно разделить на две группы: «расходные» и «рыночные».

Национальные авиакомпании чаще всего используют «расходные» методы [1]:

$$\mathcal{E}_{nacc} = \frac{\mathcal{E}_p}{N_{кр} \cdot \beta} \quad (1)$$

где:  $\mathcal{E}_{nacc}$  - расходы на рейс, рассчитанные на одного пассажира (лари);

$\mathcal{E}_p$  - эксплуатационные расходы авиакомпаний, на один рейс (лари);

$N_{кр}$  - количество пассажирских кресел в данном типе самолета;

$\beta$  - коэффициент занятости кресел.

Пассажирский тариф определяется исходя из показателей стоимости рейса и рентабельности в расчете на одного пассажира ( $T_{nacc}$ ):

$$T_{nacc} = \mathcal{E}_{nacc} \cdot K_p \quad (2)$$

где:  $K_p$  - коэффициент рентабельности (для мировых авиaperевозчиков колеблется в промежутке между 4-6 процентами, но на отдельных воздушных линиях он может отклоняться от средней нормы).

Среди национальных авиакомпаний наиболее востребованным является метод «издержки плюс». Его основное достоинство - простота расчета. Однако и он не позволяет учитывать конфигурацию рынка пассажирских авиaperезовок.

В условиях жесткой конкуренции, характеризующей рыночную экономику Грузии в настоящее время, для авиакомпаний наиболее предпочтительным является метод, позволяющий учитывать соотношение «тариф - качество». В этом случае, наряду с приемлемой ценой, авиaperевозчик предлагает потребителям качественное обслуживание, что в комплексе вызывает рост его конкурентоспособности на авиарынке.



Составляющей качества услуг пассажирских авиаперевозок является транспортный сервис - совокупность характеристик процесса и условий обслуживания, обеспечивающих удовлетворение установленных, или предполагаемых потребностей пассажиров.

Методом анкетного опроса пассажиров и экспертной оценки, авторами проведен анализ оценки транспортного сервиса для пассажиров двух наиболее популярных классов (бизнес и экономического) обслуживания.

Группой экспертов, на основании количественной оценки (баллы) установлена весомость услуг сервиса:

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^m (B_{ij} / B_{cj})}{m} \quad (3)$$

где:  $A_i$  – весомость  $i$ -ой сервисной составляющей;

$i$  – номер сервисной составляющей;

$j$  – номер эксперта;

$B_{ij}$  – балл, присвоенный  $j$ -ым экспертом  $i$ -ой составляющей;

$m$  – количество экспертов в группе;

$B_{cj}$  – сумма баллов, присвоенных  $j$ -ым экспертом.

**Оценка весомости услуг сервиса:**

$X_1$  – организация питания на борту ВС;

$X_2$  – уровень комфортабельности кресел ВС;

$X_3$  – норма бесплатного провоза багажа;

$X_4$  – качество услуг в аэропорту;

$X_5$  – профессионализм и доброжелательность обслуживающего персонала на борту ВС;

$X_6$  – дополнительные услуги для пассажиров с детьми;

$X_7$  – дополнительные услуги по сопровождению детей без взрослых;

$X_8$  – дополнительные услуги для больных и инвалидов;

$X_9$  – приемлемость графика полета;

$X_{10}$  – возможность предоставления или использования портативного компьютера и интернета во время полета на борту ВС.

Их порядковые номера в ранжированном ряду по убыванию для авиапассажиров бизнес и эконом-классов представлены в табл. 2 и табл. 3.

Табл. 2

**Ранжирование составляющих услуг сервиса для  
 авиапассажиров бизнес класса**

Доп. услуги	Оценочные баллы экспертов									Оценка весомости каждого из параметров	Ранг
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
X <sub>1</sub>	7	8	7	8	8	8	9	8	6	0,01205	6
X <sub>2</sub>	9	8	8	9	9	9	9	8	8	0,01345	1
X <sub>3</sub>	7	9	6	7	9	6	5	7	9	0,01153	7
X <sub>4</sub>	7	8	9	8	7	7	7	8	9	0,01240	5
X <sub>5</sub>	7	9	7	9	8	9	8	9	8	0,01292	3
X <sub>6</sub>	3	4	6	5	3	3	4	5	4	0,00646	10
X <sub>7</sub>	5	6	5	6	5	7	6	5	6	0,00890	8
X <sub>8</sub>	4	6	4	5	5	4	5	4	6	0,00751	9
X <sub>9</sub>	8	8	9	9	8	9	8	8	8	0,01310	2
X <sub>10</sub>	9	8	7	8	7	9	8	8	9	0,01275	4

Табл. 3

**Ранжирование составляющих услуг сервиса для  
 авиапассажиров экономического класса**

Доп. услуги	Оценочные баллы экспертов									Оценка весомости каждого из параметров	Ранг
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
X <sub>1</sub>	9	8	7	8	9	8	9	9	8	0,01370	2
X <sub>2</sub>	7	5	7	6	7	5	7	8	7	0,01078	6
X <sub>3</sub>	9	9	8	8	9	9	8	9	9	0,01425	1
X <sub>4</sub>	7	8	9	8	7	7	7	8	9	0,01279	3
X <sub>5</sub>	3	4	6	7	6	6	7	7	5	0,00932	9
X <sub>6</sub>	8	4	8	8	7	8	7	8	7	0,01187	5
X <sub>7</sub>	5	6	5	6	5	7	6	8	6	0,00968	8
X <sub>8</sub>	7	6	7	8	5	6	5	6	6	0,01023	7
X <sub>9</sub>	7	8	6	9	6	7	8	8	8	0,01242	4
X <sub>10</sub>	3	4	5	4	5	3	2	4	3	0,00603	10

Как очевидно из табл. 2 для пассажиров бизнес класса значимыми являются такие сервис-факторы, как уровень комфортабельности кресел ВС ( $X_2$ ), приемлемость графика полета ( $X_9$ ), профессионализм и доброжелательность обслуживающего персонала (бортпроводников) на борту ВС ( $X_5$ ) и возможность предоставления портативного компьютера и интернета ( $X_{10}$ ), а для пассажиров экономического класса (табл. 3) – норму бесплатного провоза багажа ( $X_3$ ) и организация питания на борту ВС ( $X_1$ ).

Что касается качества услуг в аэропорту ( $X_4$ ) – то это, для пассажиров обоих классов, является приоритетным сервис-фактором.

Услуги сервисного обслуживания на борту ВС можно распределить на три группы:

А - услуги двухвариантные (услуга оказывается либо нет);

В - вариативные обязательные (услуги, которые потребитель может выбрать, но не может от них отказаться);

С - вариативные необязательные.

В соответствии с предложенным набором к первой группе целесообразно отнести  $X_7, X_8, X_9$ , во вторую группу мы относим  $X_2, X_3, X_4$ , третья группа включает  $X_1, X_5, X_6, X_{10}$ . Авиакомпания формирует набор услуг в зависимости от финансовых показателей деятельности предприятия: чем ниже указанные показатели, тем больше доля услуг сервисного обслуживания будет приходиться на группу услуг варианта Б.

Анкетный опрос 215 пассажиров в различных авиаагентствах и в международном аэропорту Тбилиси, проведенный авторами статьи выявил, что из сервиса обслуживания (суммированием количества баллов) пассажиров бизнес класса 23% предпочитают приемлемый график полета, 22% – комфортабельность кресел на борту ВС, 19% - возможность предоставления портативного компьютера и интернета, 17% - качество услуг в аэропорту, 16% - организацию питания на борту воздушного судна, 3% – все остальные сервисы услуг (рис. 1).

41% пассажиров экономического класса предпочитает норму бесплатного провоза багажа, 27% - качество услуг в аэропорту, 18% - организацию питания на борту ВС, 14% - все остальные сервисы услуг (рис. 2).

Качество и уровень предоставляемых услуг в аэропорту были выделены большинством экспертов и опрошенных лиц, как наиболее востребованные для всех категорий пассажиров.

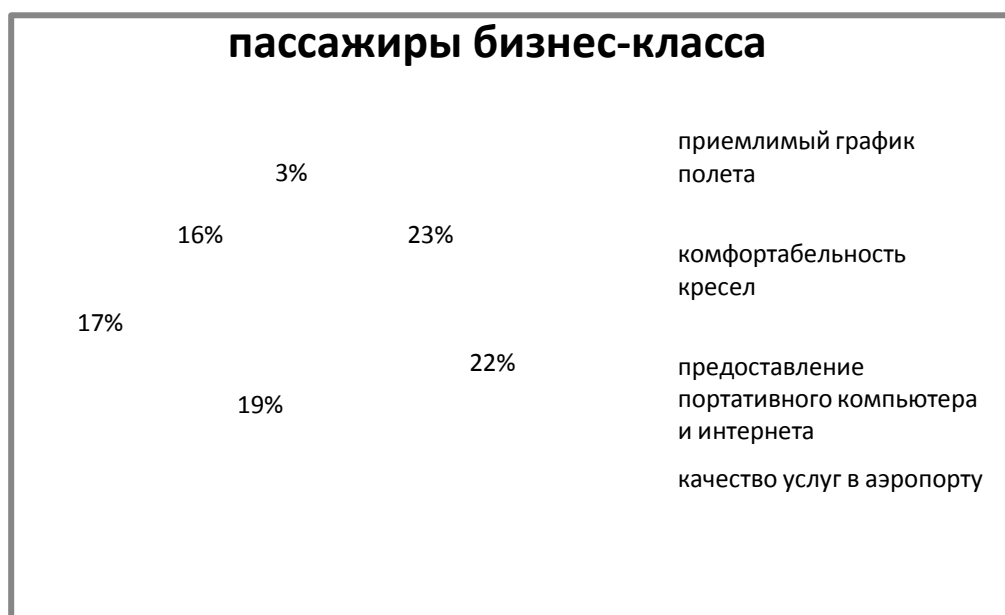


Рис. 1. Результаты опроса пассажиров бизнес-класса

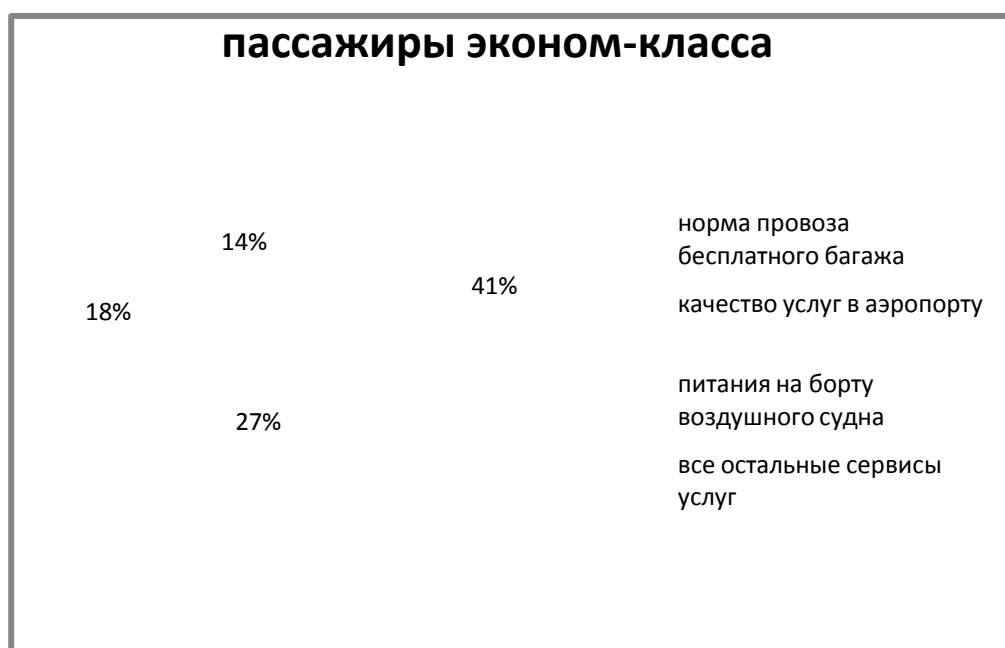


Рис. 2. Результаты опроса пассажиров эконом-класса

В случае существования информации о стоимости сервисных услуг, пассажир сам принимает решение о выборе дополнительных услуг (табл. 4).

Табл. 4

Матрица выбора дополнительных сервисных услуг

Варианты сервисных услуг	Набор дополнительных услуг сервисного обслуживания									
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$
1 вариант	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{15}$	$C_{16}$	$C_{17}$	$C_{18}$	$C_{19}$	$C_{110}$
2 вариант	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	-	$C_{25}$	$C_{26}$	-	-	-	$C_{210}$
3 вариант	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	-	$C_{35}$	$C_{36}$	-	-	-	$C_{310}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$n$	$C_{n1}$	$C_{n2}$	0	0	0	0	0	0	0	0

Оценка сервисного обслуживания рейса должна быть учтена при формировании тарифов.

Как показали проведенные авторами исследования, уровень тарифа зависит не только от эксплуатационных расходов, показателей рентабельности, а также от стоимости выбранного варианта обслуживания (услуг), поэтому с точки зрения совершенствования пассажирского тарифа предлагается придать формуле 2 следующий вид:

$$T_{nacc} = \mathcal{E}_{nacc} \cdot K_p + \sum C_{ij} \quad (4),$$

где:

$\sum C_{ij}$  - стоимость выбранного варианта сервисных услуг (лари).

$$\sum_{j=1}^9 \sum_{i=1}^{10} C_{ij} = \sum_{i=1}^9 (C_{1j} + C_{2j} + \dots + C_{10j}) = (C_{11} + C_{21} + \dots + C_{101}) + (C_{12} + C_{22} + \dots + C_{102}) + \dots + (C_{19} + C_{29} + \dots + C_{109}) \quad (5),$$

Исходя из калькуляции летного часа, расчет тарифа на одного пассажира примет следующий вид:

$$T_{nacc} = \frac{T \cdot S_{л.ч} \cdot K_p}{N_{кр} \cdot \beta} + \sum C_{ij} \quad (6),$$

где:  $T$  - время полета (час);

$S_{л.ч}$  - себестоимость одного летного часа (лари/час).

На мировом рынке некоторые авиаперевозчики осуществляют пассажирские воздушные перевозки по сверхнизким ценам (Low Cost), снижая уровень обслуживания. Этим они повышают коэффициент занятости кресел и увеличивают доход авиакомпании.

С целью оптимизации тарифной политики и получения экономического эффекта, национальным авиакомпаниям целесообразно, на конкретных воздушных линиях использовать методику разработанную авторами, с учетом различного типа воздушных судов, класса обслуживания, расстояния полета и спроса на пассажирские авиаперевозки.

### **3. ВЫВОДЫ**

Предложенный авторами метод подбора добавочного сервисного обслуживания даст возможность авиакомпаниям:

1. установить на пассажирские авиаперевозки «справедливые» тарифы, в условиях которых пассажиру дается возможность выбора из дополнительного сервиса обслуживания желаемого варианта предлагаемых услуг;
2. национальные авиакомпании должны улучшить качество сервисного обслуживания, повысить имидж компании и, высоким уровнем обслуживания на борту воздушного судна, в соответствии с классом, привлечь дополнительный пассажиропоток на свои рейсы.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Думбадзе Н., Сухиташвили Ю., Нониадзе А., Экономика гражданской авиации, Тб., «Баргон», 2009, 399 с. (На грузинском языке).
2. Думбадзе Н., Джангулашвили Д., Шавишвили О., Ценообразование. Тб., «Тобалиси», 2006, 265 с. (На грузинском языке).
3. Кулаев Ю.Ф., Экономика гражданской авиации Украины, Киев, «Феникс», 2004, 666 с.
4. Макконнелл К. Р., Брю С. Л., Экономикс: принципы, проблемы и политика. Пер. с англ., Т.1., 356 с.
5. Котлер Ф., Основы маркетинга, Пер. с англ., М., «Прогресс», 1992, 733 с.

**THE ECONOMIC INTERRELATION BETWEEN THE FORMATION OF THE RATES  
AND PASSENGER SERVICE.**

**N. Dumbadze, Y. Sukhitashvili, A. Noniadze**

**Abstract:** In the environment of the world's global economic crisis and severe competition, air carriers are giving more and more importance to the passenger transportation services, which provides the satisfaction of the population demands for transportation, especially on average and long distances.

The economic interrelation between the formation of an air transportation rates and the quality of the provided services on the different technological levels of the passenger service.

The differentiation of the provided services and the definition of their ponder ability at air transportation for the passengers of the different classes were made on the basis of passenger inquiry and appreciation of independent experts.

The definition "Fair Rate" was stated according to that passenger should pay for the services on his demand.

(Поступило – 21.12.2009)

Секторная экономика

## РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ АВИАКОМПАНИЙ ГРУЗИИ

Ю.В. Сухиташвили\*, Н.И. Думбадзе\*, Г.П. Имедашвили\*, М.Ю. Сухиташвили\*\*

(Авиационный университет Грузии, пр. Кетеван Цамебули 16, Тбилиси,  
0103, Грузия)

**Резюме:** *В условиях свободной рыночной экономики и жесткой конкуренции между авиакомпаниями мира значительны разработка и прогнозирование стратегии действий. Авторы статьи считают, что авиаперевозчики при установлении стратегии деятельности на авиарынке, также должны ориентироваться на развитие туристической индустрии, так-как она является важнейшим пассажирообразующим фактором авиационной отрасли.*

**Ключевые слова:** Стратегия, авиаиндустрия, авиакомпания, топ-менеджмент, мега-перевозчик, туризм, Мировой совет по туризму и путешествиям (WTTC-World travel and tourism council), протекционизм, IATA (International Air Transport Association), альянс, конкуренция, Европейский экономический союз (ЕЭС).

### 1. ВВЕДЕНИЕ

На фоне глобального экономического кризиса, мировая авиаиндустрия находится в процессе значительных изменений, направленных на поиски путей выживания в указанных условиях. Становится очевидным, что структура авиабизнеса изменится и в ближайшем будущем в авиационной отрасли будет доминировать небольшое количество больших (мега) транспортных перевозчиков (агентств), с глубокой сетью коммуникационных систем и с транснациональной собственностью.

Этот прогноз ставит перед топ-менеджментом авиакомпаний и правительствами стран ряд важных вопросов, а главное, согласны ли они с таким сценарием развития и его неизбежностью, и если согласны, то какую роль будут играть их авиалинии на авиарынке.

---

\* Профессор

\*\* Студент



В связи с вышеизложенным, в данной статье поставлены и проанализированы три основные цели, которые, по мнению авторов статьи, должны быть достигнуты при разработке стратегии развития гражданской авиации Грузии .

Первая цель - на основе широкого анализа тенденций, характеризующих отрасль, изучить настоящее и будущее развитие обстановки в авиатранспортной индустрии страны.

Вторая цель – проанализировать основные составляющие повышения эффективности эксплуатации международных авиалиний Грузии в условиях рыночной экономики и жесткой конкуренции как внутри страны, так и на мировом авиарынке.

Третья цель – исследовать альтернативные стратегии, которые могли-бы иметь успех в будущем.

Одновременно, в статье дается аргументация роли путешествий и туризма, как неотъемлемой составляющей авиатранспортного бизнеса.

## **2. АВИАТРАНСПОРТ И ТУРИСТИЧЕСКАЯ ИНДУСТРИЯ**

Основной международной неправительственной организацией в индустрии туризма является Совет по мировому туризму и путешествиям - WTTC ( далее “Совет”), который представляет собой союз более 100 представителей из всех секторов индустрии, включая транспорт, гостиничные услуги, отдых, курорты, поставку продуктов, организации по обеспечению обслуживания туристов и т.д.

Главнейшей задачей “Совета” является убеждение правительств разных стран в том, что туризм и путешествия вносят огромный вклад в региональное и мировое развитие экономики, в необходимости полномасштабного содействия развитию рынков индустрии путешествий и туризма и снятия барьеров, препятствующих этому.

Неразрывная связь воздушного транспорта и туризма обусловлена не только тем, что индустрия туризма является основным рынком для авиационного транспорта, но и потому, что гражданская авиация должна рассматриваться не как независимый экономический субъект, а как неотъемлемая составляющая часть всей индустрии туризма. Следует подчеркнуть, что в настоящее время туризм является в мире самой большой, по своим фактическим экономическим показателям, индустрией, включая валовый продукт, прибавочную стоимость, капитальные вложения, занятость рабочей силы, выплату налогов. Более того, по опубликованным “Советом” прогнозам, несмотря на определенный спад в связи с экономической рецессией, в глобальном масштабе в

дальнейшем туризм продолжит расти с большими темпами, чем мировая экономика в целом, чем укрепит и расширит свою роль крупнейшей мировой индустрии.

Транспорт, включая основные его виды (наземный, морской и воздушный) занимает в индустрии туризма важнейшее место и составляет одну третью часть всей его деятельности. В то же время, удельный вес авиационного транспорта возрастает, так-как происходит постоянное расширение географии туризма и расстояния путешествий увеличиваются, вместе с тем гражданская авиация выступает практически основным видом транспорта для межконтинентальных путешествий. Более того, авторы статьи считают, что главная роль авиационного транспорта в деятельности индустрии туризма также обусловлена его непосредственной связью с экономическим развитием стран СНГ и Евросоюза и, особенно, вошедших в его состав стран Восточной Европы.

Следует отметить, что индустрия путешествий и туризма также является одним из основных источников зарабатывания и обмена валюты между странами, не требующей особых и крупных капиталовложений в инфраструктуру, какие необходимы для экономического развития в других сферах экономики.

Тенденция стабильного и бурного роста туристической индустрии в Грузии ( в 2004-2008 гг. только количество посетивших Грузию иностранцев возросло в 3,5 раза), после известных событий августа 2008 года сменилась спадом (только с августа по декабрь 2008 года спад составил 86 %) . Однако следует подчеркнуть, что в настоящее время вновь происходит рост объема туризма в стране, что естественно положительно отразится на экономических показателях транспорта Грузии и, в частности, гражданской авиации.

### **3. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**

Мировой воздушный транспорт, как и вся мировая экономика, оказался в пучине финансового кризиса. Положение начало ухудшаться еще в начале 2008 года, а к его финишу мировая авиационная индустрия пришла со значительными потерями. Не ожидалось улучшений и в показателях на 2009 год.

Из-за тяжелых эксплуатационных условий перед авиакомпаниями стоит дилемма: прекратить свою деятельность или консолидироваться. Только в 2008 году более 25 авиаперевозчиков объявили себя банкротами.

Утверждение о том, что отрасль будет продолжать радикально меняться в следующем десятилетии основано не только на изменениях, которые происходят в индустрии само по себе, но и на том, что в связи с глобализацией в мире происходят соответствующие политические и экономические изменения, которые влияют на положение других индустрий во многих странах, включая страны СНГ и Восточной Европы.

Принятая в девяностых годах прошлого столетия философия “экономической свободы” явилась значительным фактом и привела к расширению движения к частной собственности в авиаиндустрии. Эта концепция, которая стала преобладающей в конце прошлого столетия продолжает быть актуальной и в настоящее время, следствием чего явилась четкая тенденция увеличения доли частных авиакомпаний на мировом рынке. В философии “экономической свободы” существуют два совершенно отличных друг от друга направления.

Первое – вывод государственных структур из экономического регулирования. Высвобождение внутренних авиалиний в США, Канаде, Австралии, Великобритании и других странах должно быть признано частью общей политики сокращения контроля со стороны государства над коммерческой деятельностью. В то же время эта политика может быть применена и к другим отраслям экономики, что ясно указывает на ошибочность бытующего стереотипа “уникальности” авиационного транспорта.

Второе – устранение государственной собственности в экономике стран. Это общая политика, которая была применена ко многим индустриям в различных странах и стремление к частной собственности в гражданской авиации также является частью общего плана. В авиаиндустрии это проявляется как разрыв с прошлым, когда преобладание государственной собственности было нормой. Можно предположить, что в обозримом будущем авиационный транспорт будет представлен авиаперевозчиками, в которых государство не будет играть никакой роли в финансовых делах или-же она будет незначительной.

Следует подчеркнуть, что отход авиатранспортной индустрии от государственной собственности не имеет ничего общего с политической философией, однако-же реально стоит вопрос о влиянии этого на сокращение протекционизма в международной авиационной политике. Здесь-же необходимо отметить, что государственное владение авиаиндустрией создавалось не только для того, чтобы защитить национальные

авиалинии, но и такие факторы, как оборона, национальный престиж, сыграли свою немаловажную роль. Естественно, приватизация уменьшила побудительные мотивы для политики протекционизма, размежевав чисто финансовые факторы и политику.

В отношении авиатранспорта, необходимо учесть тенденцию распространения свободной торговли и сокращения протекционизма во всем мире. Завершение здания единого рынка и бурное его развитие в европейском сообществе, российско-белорусско-казахстанский таможенный союз, американско-канадская свободная торговая зона, австралийско – ново-зеландское экономическое соглашение, а также идентичные тенденции в латинской америке, четко указывают на движение в мире в сторону свободной торговли. Конечно, свободная торговля не является панацеей для решения проблем и протекционизм, конечно-же, полностью не отмирает. Но ход событий в мире показывает , что экономика движется в сторону сокращения барьеров в торговле. К примеру, освобождение регламентных правил в авиаиндустрии Европейского Сообщества было связано с созданием единого рынка, свободного от всяких барьеров. В то же время, основным барьером в развитии свободной торговли на авиатранспорте является утверждение, что авиалинии должны находиться в собственности и эффективно контролироваться только государством их регистрации. Однако данное утверждение в последние годы потеряло свою актуальность. В мире прослеживается тенденция, чтобы авиакомпания, хотя-бы частично, находилась в собственности иностранных фирм (например 40% “British Airways” находится в иностранной собственности ). По данным IATA более 25 авиакомпаний мира имеют иностранных совладельцев, которые играют немаловажную роль.

Исходя из вышеизложенного можно сказать, что основными характерными тенденциями на современном воздушном транспорте являются: проводимая политика, в которой значительно меньше протекционизма, приватизация , возросшая доля и роль иностранного капитала в управлении авиакомпаний, создание мега-перевозчиков (альянсов) с транснациональной собственностью. Все это даст возможность возникновения новых структур в авиаиндустрии в последующие годы.

#### **4. ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВИАКОМПАНИЙ**

На основе проведенного анализа авторы статьи установили восемь основных базовых условий, необходимых для успешной и эффективной деятельности

авиакомпаний, в формирующейся новой обстановке индустрии воздушного транспорта.

Таковыми являются:

- современная и надежная авиационная техника (воздушные суда);
- расширение рынка путем приобретений, объединений и создания альянсов;
- эффективный маркетинг, особенно в социологических исследованиях;
- автоматизация и компьютеризация во всех сферах деятельности, особенно в производстве;
- хорошо обученный и нацеленный на выполнение поставленных задач персонал;
- эффективный и точный контроль за издержками;
- контроль за поставками;
- господство в одном или более аэропортах.

Подходящая стратегия для любой из авиакомпаний будет зависеть от правильного определения и развития каждой из этих восьми составляющих в зависимости от условий рынка. Не существует единой стратегии для всех авиакомпаний. Но существует четыре основных правила управления, которые одинаково важны для всех авиакомпаний:

- ✓ развитие производства и качество обслуживания;
- ✓ эффективный контроль за издержками и доходами;
- ✓ планирование и выбор самолетов;
- ✓ управление трудовыми ресурсами.

Первая задача управления - качество обслуживания - становится необыкновенно важной, так как изменения, происходящие в промышленности, создают возможность конкуренции среди авиакомпаний. Авиакомпании с Европе и США признают, что сейчас они столкнулись с конкуренцией со стороны авиакомпаний юго-восточной Азии и дальнего Востока, которые предлагают своим клиентам более высокую культуру обслуживания как во время полетов, так и на земле. Некоторые из этих авиакомпаний пользуются тем преимуществом, что они имеют более дешевую рабочую силу. Для всех авиакомпаний основной проблемой в этой сфере является установление стандартов обслуживания, которые довольно не просты. Вся суть в том, чтобы поддерживать стандарты день за днем, , полет за полетом.

Контроль за издержками (включая социологические исследования) и доходами вызывает некоторые сложности в подборе компьютерного оборудования и его соответствующего программного обеспечения, в правильном использовании этой техники в управлении. Особо следует отметить управление доходами. Эта новая сфера

деятельности в управлении авиакомпаниями, и уже было много сказано о важности этой новой сферы. Однако же, существует ряд признаков того, что контроль за доходами пока стоит на втором месте после “погони” за объемом перевозок, хотя всем известно, что увеличение объема продаж не увеличивает объема доходов, если товары продаются ниже себестоимости.

Правильный подбор самолетов, модернизация Флота - несомненно, важнейшая задача менеджмента авиакомпаний. Различия в действующих ценах на разные воздушные суда, которые могут выполнять примерно одинаковую работу, при обосновании выбора этих самолетов составляют значительную проблему. Выбор между воздушным судном большей вместимости и низкой ценой на одно посадочное место и более маленьким самолетом, который может использоваться дольше, часто представляет трудность при принятии решения, когда необходимо осуществить планирование деятельности на долгосрочную перспективу.

Задача управления трудовыми ресурсами поставлена на четвертое место, но на самом деле эту составляющую нужно поместить на первое место. Воздушный транспорт - это сфера обслуживания, и поэтому от того “насколько хорошо” она будет работать, будет зависеть только от тех людей, которые работают там. Подбор, подготовка и мотивация кадров на цели их деятельности - является жизненно необходимой задачей в управлении воздушным транспортом. Однако, во многих случаях эта задача может затрудниться, так как авиакомпании разрастаются, несмотря на то, что в других случаях это является преимуществом.

## 5. СТРАТЕГИЯ ВЫБОРА

Большие авиакомпании мира имеют много преимуществ. Это не обусловленные преимущества экономического масштаба, которые, с точки зрения экономистов со времени Адама Смита, приводят к уменьшению стоимости продукции при увеличении выпуска. Как показал опыт американских авиакомпаний, большие размеры дают преимущества в маркетинге, а не в производственной сфере.

ИАТА проанализировала развитие американской индустрии после процесса приватизации и сделала вывод, что существует семь направлений, при которых большие авиакомпании получают главные преимущества в маркетинге:

- привлечение большого количества и даже целой сети авиалиний;
- возможность контролировать операции и маркетинг в больших аэропортах;
- контроль за продажей авиаперевозок, особенно при бронировании через компьютерную систему;
- возможность устанавливать и контролировать цены;
- изучение спроса и определение частоты рейсов на тех или иных трассах;
- разнообразие рыночных возможностей, которые позволяют создать взаимосубсидирование при конкуренции цен;
- возможность организовать в широком масштабе рекламные компании и возможность широкого показа рекламы по телевидению, которое в настоящее время очень дорого.

Это основные причины, почему американские и европейские компании так разрослись и почему авиаиндустрия в мире (США, Евросоюз) стала такой концентрированной.

Примером результата этой концентрации стало появление трех или четырех американских авиакомпаний, которые являются гигантскими в мировой индустрии и которые из-за своей включенности в конкуренцию с другими иностранными авиакомпаниями заставили эти авиакомпании в других странах перенять их собственную стратегию.

Было широко признано основными неамериканскими авиакомпаниями, что эти семь преимуществ, которые имеют компании большого размера и о которых было сказано выше, ставят перед ними важную проблему, т.е. кидают им вызов.

Известно, что существует несколько различных путей завоевания преимуществ в маркетинге большого масштаба:

- внутренний рост;
- рост за счет приобретений;
- рост за счет объединений;
- альянс с другими авиакомпаниями.

Очень немногие авиакомпании, в том числе и грузинские, имеют возможность (или даже уверенность) на внутренний рост за счет собственных ресурсов. Чтобы



выиграть эту стратегию, обычно нужно иметь возможность более быстрого роста. Если это выполнимо, то стратегия имеет много преимуществ, потому что она основана на корпоративных преимуществах одной компании и это дает возможность избежать всех проблем, связанных со стандартизацией всех действий, которые возникают в связи с объединениями и приобретениями. Но, несмотря на все эти преимущества, только американские авиакомпании объявили, что эта стратегия им подходит, и по сравнению с другими авиакомпаниями их единственная проблема - это остаться самыми крупными.

Приобретение - более привлекательная деятельность, чем слияние для роста авиакомпании, так как при приобретении та компания, которая приобретает, может поставить условия другой компании, которая хочет влиться в нее. Это как раз то, что случилось с British Airways, когда та приобрела British Caledonian, и это тот же случай, когда Air France приобрела UTA, Air inter, KLM.

Оба главных изменения в структуре европейской авиаиндустрии были одобрены по правилам конкуренции, введенным ЕЭС, потому что они укрепляют позиции двух авиакомпаний перед лицом усиливающейся внешней конкуренции со стороны компаний, имеющих гигантские транспортные средства и возможности.

Точка зрения европейского комитета на слияние авиакомпаний, очень интересно была выражена на одной из конференций Международной ассоциации воздушных перевозчиков в Будапеште: "Когда дело касается такого развития, комитет будет помнить о двух основных требованиях: первое - необходимость развивать мировую конкуренцию и второе - необходимость поддерживать достаточный уровень внутренней конкуренции". Одновременно было отмечено, что эти две цели вполне совместимы, хотя будет существовать вероятность конфликтов, особенно когда должно будет рассматриваться международное объединение европейских авиакомпаний.

На сегодняшний день три мировых мега альянса "Star alliance, Sky Team и One World" объединяют большую часть мировых авиакомпаний. Четвертый крупный альянс едва ли может быть создан, однако в ближайшем будущем, вероятнее всего, все три альянса расширят свой состав за счет присоединения самостоятельных авиакомпаний. И как уже отмечено выше, могут возникнуть проблемы в связи с различиями в языках, технологических процессах, культурах и т.п.. Но все же это произойдет.



Также возможны другие объединения. Те громадные вложения, которые сделала Иберия в несколько авиакомпаний Латинской Америки, могли бы привести к слиянию авиакомпаний на этой территории. Но не хочется делать предположений по этому развитию. Достаточно только отметить, что существуют давления в системе, которые могут привести к этому результату.

Многие другие авиакомпании ищут преимуществ от огромных размеров путем альянса, потому что не уверены в том, что смогут увеличить свои размеры за счет первых трех направлений, которые представлены выше. Наиболее грандиозными из таких соглашений являются соглашения между Delta и Singapore airlines. Этот альянс создал мировую сеть служб, которые координируются соглашениями о расписаниях, о закрытых пространствах, об общих аэропортах и других формах кооперации. Это соглашение цементируется соглашением о взаимном долевым участии, где каждая компания имеет 5% вложений в акции всех других компаний. Существует много других альянсов, которые созданы для таких же целей, но только не такого масштаба, как указанный выше альянс.

Это все те стратегии, которым следуют авиакомпании, чтобы познать преимущества маркетинга большого масштаба. Но здесь необходимо рассмотреть также и другие цели. Важным является вопрос, должна ли авиакомпания вкладывать средства в другие ассоциированные предприятия, должна ли она предпринимать усилия для того, чтобы стать всеобщей транспортной компанией.

Компания United Airlines встала на этот путь, когда объединила все действующие авиакомпании в большую авиакомпанию под названием Allegis. От этой стратегии потом отказались, но похожие цели все еще преследуют другие авиаперевозчики. Их цель - создать всемирную группу путем альянса с другими, авиакомпаниями в США, Юго-Восточной Азии и Латинской Америке.

Многое из того, что сказано выше о стратегии авиакомпаний, касается исключительно только будущего этих больших авиакомпаний. Неужели в будущем будут доминировать только небольшое число гигантских авиакомпаний и альянсов и совершенно не будет места для маленьких компаний? Думается, что это не произойдет, потому что маленькие авиакомпании будут играть свою роль в специальных сферах, где они будут играть роль маленьких/средних перевозчиков в одной из этих сфер, как часть интегрированной сети, как вспомогательные воздушные средства на местных авиалиниях для гигантских транспортных средств. Но маленькие авиакомпании будут все же играть

свою роль продолжительное время в развитии "местного рынка". Очень легко использовать этот термин слишком свободно, но нужно иметь в виду специальную работу в ограниченном пространстве рынка, где маленькая авиакомпания может обеспечить более дешевые услуги, чем большая.

Другой важной сферой для внутреннего маркетинга станет освоение внутренних территорий, где местные авиакомпании будут пользоваться преимуществом знания рынка и будут искать специальные побудительные мотивы, чтобы обеспечить свое развитие. Местные операции такого вида могут быть успешными в развитии туристических перевозок на внутреннем рынке, компания может присоединиться к индустрии туризма страны, и такая компания может конкурировать с большими авиакомпаниями, чьи интересы распространяются по всему миру.

## **6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В заключение следует подчеркнуть исключительную важность развития туризма в странах Восточной Европы и постсоветского пространства, включая Грузию. Мировой совет по туризму и путешествиям подтверждает, что туризм стал и продолжит быть главной частью программы экономического развития в Восточной Европе, а также предпринимает все усилия для того, чтобы содружество наций приняло политику, которая будет стимулировать развитие данной сферы. В этом есть необходимость.

Десятилетия закрытости границ вынуждали сдерживать поездки с Востока на Запад и с Запада на Восток из-за отсутствия возможностей и условий для удовлетворения потребностей потенциального пассажиропотока между странами. Для авиаперевозчиков эта задача является самой важной на ближайшее будущее.

## **ЛИТЕРАТУРА**

- 1. Думбадзе Н., Сухиташвили Ю., Нониадзе А., Экономика гражданской авиации, Тб., «Бартон», 2009, 399 с. (На грузинском языке).**
- 2. Журнал «Гражданская авиация» №5(780) 2009, с. 24-29.**
- 3. [www dotr.gov.ge](http://www.dotr.gov.ge)**
- 4. [www uta.gov.ge](http://www.uta.gov.ge)**
- 5. [www icao.int.annualreports](http://www.icao.int/annualreports)**

## THE FORMATION OF THE DEVELOPMENT STRATEGY OF THE GEORGIAN AIRLINES

**Y. Sukhitashvili, N. Dumbadze, G. Imedashvili, M. Sukhitashvili**

**Abstract:** At the free market environment and severe competitiveness between the airliners of the world, development and prognosis of the activity strategy is the main objective. Authors of the article count that, airliners, when stating the strategy for air market activity should also be oriented to the development of tourism industry, as tourism is the main passenger formative factor in aviation field.

(Поступило – 05.03.2010)

Экономико-математические методы

## ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКСТРЕМУМ НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИЙ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ

Г.И. Джавахишвили\*, Н.Г. Тавадзе\*

(Авиационный университет Грузии, пр. Кетеван Цамебули 16, Тбилиси, 0103, Грузия)

**Резюме:** *Исследование глобального экстремума является одним из важнейших методов дифференциального исчисления функций двух переменных, который позволяет найти оптимальные решения различных инженерных и экономических моделей.*

**Ключевые слова:** Глобальный экстремум, целевая функция.

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что если аргументы двумерной целевой функции удовлетворяют линейным неравенствам, глобальный экстремум находится как аналитическим, так и графическим методом. Однако надо отметить, что во всех рассмотренных ниже задачах применение графического метода является более эффективным или же единственно возможным.

Рассмотрим некоторые задачи иллюстрирующие высказанные соображения.

### ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКСТРЕМУМ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ВТОРОГО ПОРЯДКА С ЛИНЕЙНЫМИ УСЛОВИЯМИ

#### Задача 1.

Определим глобальный экстремум целевой функции  $Z = (x - 4)^2 + (y - 6)^2$ , если переменные  $x$  и  $y$  удовлетворяют следующим условиям:

---

\* Профессор

$$\begin{cases} x + y \geq 1, \\ 2x + 3y \leq 12, \\ x \geq 0, \\ y \geq 0. \end{cases}$$

### Решение

Для решения задачи используем известный графический метод ([5] с. 11-20).

Область изменения переменных  $x$  и  $y$  дана на рис.1.

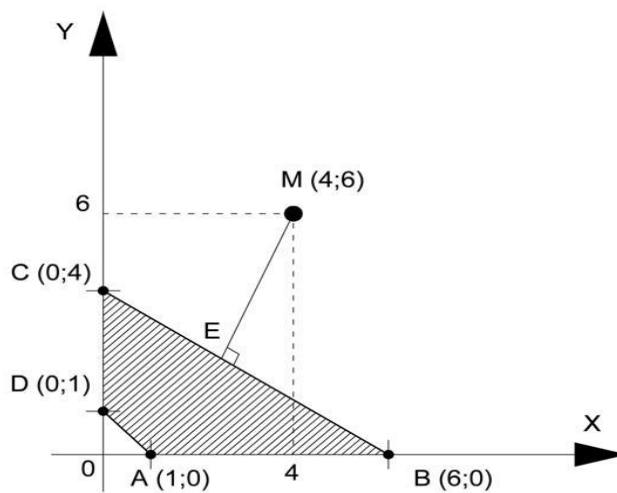


Рис.1.

Из рис.1 видно, что этой областью является заштрихованный  $ABCD$  четырёхугольник. В этом случае точкой минимума целевой функции будет точка  $E$ , которая представляет точку касания прямой  $2x + 3y = 12$  и окружности радиуса  $r$  ( $z = r^2$ ) с центром в точке  $M(4; 6)$ .

Ввиду того, что угловым коэффициентом линии  $BC$  является  $k = -\frac{2}{3}$ , кривая перпендикулярная к прямой  $BC$  будет иметь вид:  $y - 6 = \frac{3}{2}(x - 4)$  или  $2y - 3x = 0$ .

Решение системы  $\begin{cases} 2x + 3y = 12 \\ 2y - 3x = 0 \end{cases}$  дает возможность определения искомой точки

$$E\left(\frac{24}{13}; \frac{36}{13}\right); \text{ следовательно } Z_{\min} = Z(E) = \frac{196}{13}.$$

Учитывая, что  $|MC| < |MA|$ , для определения максимума целевой функции, необходимо определить её значения в точка  $A$  и  $B$  и сравнить полученные значения. Будем иметь:  $Z(A) = Z(1;0) = 45$ ,  $Z(B) = Z(6;0) = 40$ . Поэтому  $Z_{\max} = Z(A) = 45$ .

### ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКСТРЕМУМ ЛИНЕЙНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ С НЕЛИНЕЙНЫМИ УСЛОВИЯМИ

#### Задача 2.

Определим глобальный экстремум линейной целевой функции  $Z = 3x + y$ , если переменные  $x$  и  $y$  удовлетворяют следующим условиям:

$$\begin{cases} xy \geq 2, \\ x^2 + y^2 \leq 16, \\ x \geq 0, \\ y \geq 0. \end{cases}$$

#### Решение

Как и в предыдущей задаче, использован графический метод.

На рис.2 заштриховано множество допустимых значений переменных  $x$  и  $y$ . В этом случае точкой максимума целевой функции будет точка  $M$ , которая представляет точку пересечения прямой  $x - 3y = 0$  с окружностью  $x^2 + y^2 = 16$ .

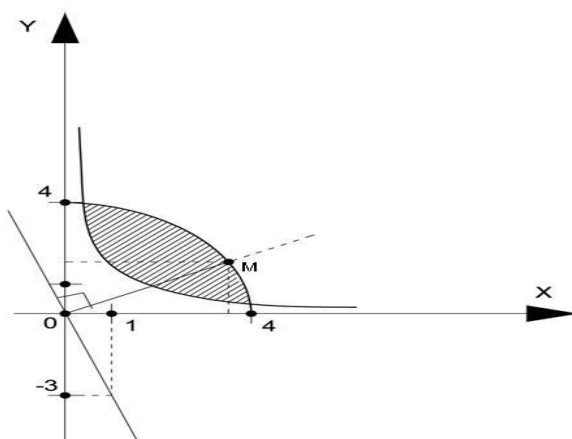


Рис.2.

Определим координаты  $M(x;y)$ . Будем иметь:  $x = \frac{6\sqrt{10}}{5}, y = \frac{2\sqrt{10}}{5}$ . Таким образом

$Z_{\max} = Z(\frac{6\sqrt{10}}{5}; \frac{2\sqrt{10}}{5}) = 4\sqrt{10}$ . Точкой минимума целевой функции будет результат

решения системы  $\begin{cases} xy = 2 \\ x = 3y \end{cases}, \Rightarrow \begin{cases} x = \sqrt{6} \\ y = \sqrt{\frac{2}{3}} \end{cases}$  т.е.  $Z_{\min} = Z(\sqrt{6}; \sqrt{\frac{2}{3}}) = \frac{10}{3}\sqrt{6}$ .

### ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКСТРЕМУМ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ВТОРОГО ПОРЯДКА С НЕЛИНЕЙНЫМИ УСЛОВИЯМИ

#### Задача 3.

Определим глобальный экстремум функции  $Z = x^2 + y^2$  при следующих условиях:

$$\begin{cases} xy \leq 4, \\ x + y \geq 5, \\ x \leq 7, y \leq 6, \\ x \geq 0, y \geq 0. \end{cases}$$

#### Решение

Составим множество допустимых значений переменных. На рис.3 видно, что оно не является выпуклым множеством и состоит из двух частей. Минимум функции достигнет в  $A$  и  $L$  точках. т.е.  $Z_{\min} = Z(1; 4) = Z(4; 1) = 17$ .

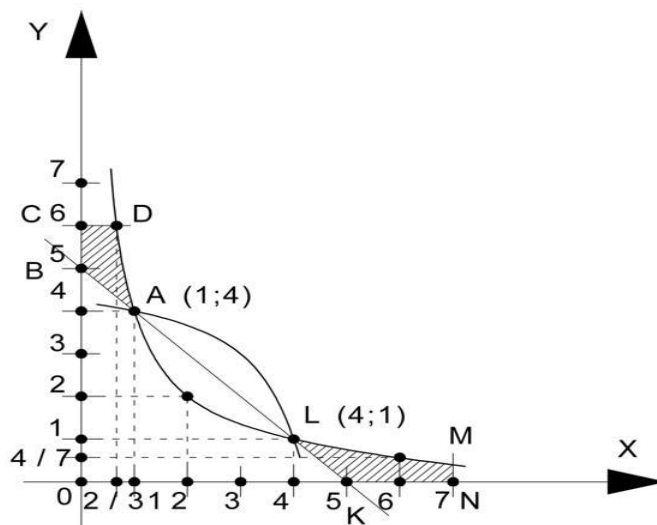


Рис.3.

Точками максимума функции будут  $D$  и  $M$ . Определим их координаты, найдем соответствующие значения функции  $Z$  и из них выберем  $Z_{\max}$ .

Будем иметь

$$D: \begin{cases} y = \frac{4}{x} \\ x^2 + y^2 = 36 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x \approx \frac{2}{3} \\ y \approx 6 \end{cases}, Z\left(\frac{2}{3}; 6\right) = 36\frac{4}{5};$$

$$M: \begin{cases} y = \frac{4}{x} \\ x^2 + y^2 = 49 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x \approx 7 \\ y \approx \frac{4}{7} \end{cases}, Z\left(7; \frac{4}{7}\right) = 49\frac{16}{49}.$$

Таким образом

$$Z_{\max} = Z(M) = 49\frac{16}{49}.$$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Б. Юдин и Е.Г. Гольдштейн. «Линейное программирование». М.1963. 375 с.
2. В.А. Болгов, В.П. Демидович и др. Сборник задач по математике для ВТУЗОВ. Линейная алгебра и основы математического анализа, «Наука», М., 1981 463 с.
3. Е.И. Гурский и др. Руководство к решению задач по высшей математике. «Высшая школа», М., 1989. 349 с.
4. А.М. Андронов, А.Н. Хижяк. Математические методы планирования и управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятий ГА. М., «Транспорт», 1977 215 с.
5. Г.И. Джавахишвили, Математическая экономика. Тбилиси, изд. «Грифони», 2009, 83 с. ( На грузинском языке).
6. Г.И. Джавахишвили, З.Ш. Канделаки. Сборник задач по высшей математике для экономистов, Тбилиси, изд. «Грифони», 2005, 277 с. ( На грузинском языке).

## GLOBAL EXTREMEUM OF SOME FUNCTIONS OF TWO VARIABLES

G. Javakhishvili, N. Tavadze

**Abstract:** Analysis of global extremeum is one of the most important methods of differential calculus of functions of two variables which helps to find optimum solution of different engineering and economic models.

(Поступило 25.03.2010)



История науки и техники

## ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ – ОСНОВОПОЛОЖНИК ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ И АВИАЦИИ

С.А. Тепнадзе\*, Р.И. Зукакишвили\*, А.И. Бетанели\*

(Авиационный университет Грузии, пр. Кетеван Цамебули 16, Тбилиси,  
0103, Грузия)

**Резюме:** *Леонардо да Винчи – великий художник, выдающийся, разносторонний учёный и инженер – идеал итальянского Ренессанса был основоположником бионики, воздухоплавания и авиации. Дан обзор предложенных им конструкций летательных аппаратов (ЛА). Изложены соображения авторов статьи о реализации идей Леонардо да Винчи для развития современной авиации.*

**Ключевые слова:** Птица, полет, бионика, летательный аппарат (ЛА), воздухоплавание, авиация.

### 1. ВВЕДЕНИЕ



Рис.1 Предположительный автопортрет

Леонардо да Винчи – великий художник, выдающийся, разносторонний учёный и инженер (рис.1) был яркий представитель типа ”универсального человека” – идеала итальянского Ренессанса. Он опередил своё время на несколько веков вперёд [1]. Был символом безграничных устремлений человеческого разума. Был прародителем бионики – прикладной науки о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, т. е. формы живого в природе и их промышленных аналогах.

---

\*Профессор

В создании бионики он исходил из правильной точки зрения, что исторически, в основе развития техники лежит использование законов природы. В конструировании ЛА он исходил из принципов бионики.

В данной статье дан обзор конструкций ЛА, разработанных Леонардом да Винчи. Изложены соображения авторов статьи о возможности реализации идей Леонардо да Винчи для развития современной авиации.

## **2. ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ЛА, РАЗРАБОТАННЫХ ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ**

Леонардо был первым из тех учёных, которые серьёзно занялись исследованиями проблемы полёта человека.

Прежде всего необходимо отметить его попытку создания ЛА легче воздуха.

На 300 лет раньше братьев Монгольфье он изобрёл и практически осуществил воздушный шар в виде баллона, наполненного горячим воздухом. Был осуществлён взлёт.

Как учёный он признавал единственным критерием истины – опыт, противопоставляя метод наблюдения и индукции отвлеченному умозрению, Леонардо не только на словах, а на деле наносит смертельный удар средневековой схоластике с её пристрастием к абстрактным логическим формулам и дедукции. Он считал, что ни одно человеческое исследование не может называться истинной наукой, если оно не прошло через математические доказательства [2].

В Милане Леонардо делал много рисунков, изучая летательный механизм птиц разных пород и летучих мышей. Кроме наблюдений, он проводил и опыты.

В своих записях Леонардо впервые сформулировал условия баланса сил, необходимого для горизонтального полета. Выдвинул принцип аэродинамического способа управления (изменением положения центра давления воздуха относительно центра тяжести). Пришёл к выводу о необходимости низкого расположения центра тяжести для лучшей устойчивости в полёте.

Наблюдая полёт птиц, Леонардо впервые высказал научные соображения о подъёмной силе крыла [3].

Леонардо изучал полёт птиц, их планирование, строение их крыльев, и создал: ЛА с машущими крыльями (орнитоптер), парашют, дельтаплан, модель спирального пропеллера и другие уникальные для своего времени летательные устройства.

В рукописях Леонардо есть десятки изображений разнообразных ЛА, характеризующихся интересными инженерными решениями.

Леонардо начал создание ЛА на основании поведения стрекозы в воздухе, а затем придумал машущее крыло, как средство отталкивания от воздуха.

На рис.2 показано крыло по рисункам Леонардо, а на рис.3 – современное воспроизведение этого крыла.



**Рис. 2 Крыло по рисункам Леонардо**



**Рис. 3 Современное воспроизведение крыла по рисункам Леонардо**

После внимательного изучения полёта птиц, Леонардо спроектировал свою первую модель ЛА, у которой были машущие крылья, как у летучей мыши. Отталкиваясь от воздуха с помощью крыльев и используя силу мышц рук и ног, человек должен был полететь. На рис.4 показано современное воспроизведение этого орнитоптера по рисункам Леонардо.

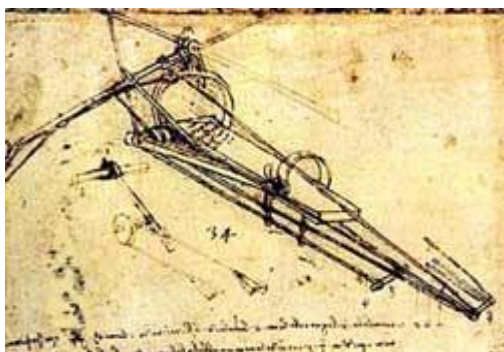


**Рис. 4 Современное воспроизведение орнитоптера по рисункам Леонардо**

Крылья должны были не только поднять человека в воздух, но и благодаря таким приспособлениям, как элероны и шарниры, удержать его в воздухе. Тогда Леонардо был

убеждён, что сможет осуществить полёт человека с помощью машущих крыльев. Недостаточно сильные мышцы он собирался заменить энергией такого механизма, как взведенный лук, который, как он считал, будет вполне достаточен для полёта человека. Однако и при использовании этого заводного механизма вставали проблемы быстрого раскручивания пружины.

Разновидностью ЛА с машущими крыльями является орнитоптер с лежащим пилотом. На таком аппарате человек должен находиться во время полёта в лежачем положении, движениями рук и ног управлять механизмами машущих крыльев. Ноги вдеты в стремяна так, что одна нога поднимает крыло, другая опускает, а затем наоборот. Крылья сгибаются и вращаются при помощи верёвок и рычагов. На рис.5 изображен этот орнитоптер по рисункам Леонардо, а на рис.6 современное воспроизведение его.

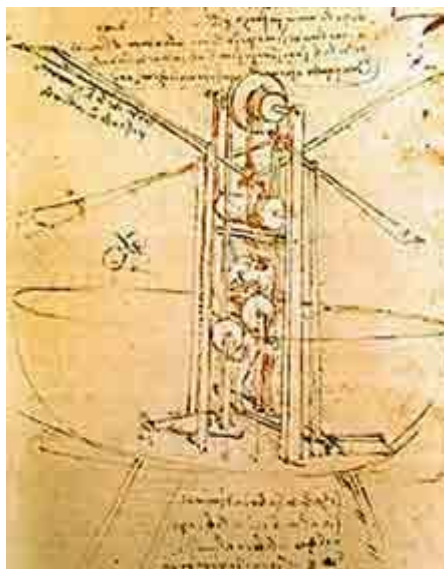


**Рис. 5 Орнитоптер с лежащим пилотом по рисунку Леонардо**



**Рис. 6 Современное воспроизведение орнитоптера с лежащим пилотом по рисунку Леонардо**

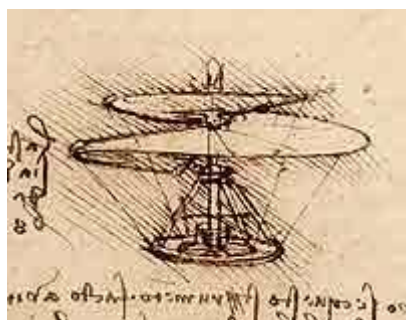
Принцип машущих крыльев Леонардо пытался использовать для создания вертикального ЛА. В этом аппарате Леонардо предусмотрел две пары крыльев, машущих по очереди. Во время полёта человек должен был стоять внутри огромной чаши диаметром 12 м. Крылья ЛА должны были иметь ширину 24 м. а размах их составлять около 5 м. Для управления механизмам ЛА должны были быть задействованы руки, ноги и даже голова пилота. Взмахи крыльев должны были происходить крестообразно, вверх и вниз, подобно крыльям птицы. На рис.7 изображен вертикальный ЛА по рисунку Леонардо. На этом ЛА Леонардо хотел установить систему вытяжных лестниц, аналог современного убирающегося шасси. Примером ему послужила природа, он писал: "Посмотри на каменного стрижа, который сел на землю и не может взлететь из-за своих



**Рис. 7 Вертикальный ЛА  
(рисунок Леонардо)**

удержания и продвижения ЛА в воздухе. По сути дела, Леонардо пришёл к идеям дельтаплана и планера. Затем он дошёл до мысли, что ЛА должен приводиться в движение собственной силой, т. е. двигателем и движителем, а это идея создания самолёта.

Важнейшим изобретением Леонардо является воздушный винт. На рис.8 приведён эскиз Леонардо, изображающий изобретенный им ЛА "Воздушный винт" прообраз современных вертолётов, а на рис. 9 изображено современное воспроизведение этого изобретения в виде модели.



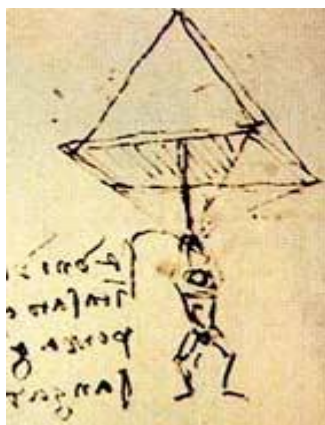
**Рис. 8 ЛА "воздушный винт"  
по эскизу Леонардо**



**Рис. 9 Современное воспроизведение  
ЛА "воздушный винт" в виде модели**

Не менее важным изобретением Леонардо является парашют (рис.10). На рис.11 показана модель парашюта, изготовленная по идее Леонардо.





**Рис. 10** Парашют  
(Эскиз Леонардо)



**Рис. 11** Модель парашюта  
по идее Леонардо

Леонардо считал, что человек может прыгнуть не разбившись, с любой значительной высоты. Испытывать этот парашют ему самому не удалось.

В конце XX и начале XXI веков было предпринято практическое осуществление некоторых изобретений Леонардо.

В Англии над холмами графства Суррей был успешно испытан прообраз современного дельтаплана, сконструированного точно по чертежам Леонардо механиком Стивом Робертсом. ЛА был изготовлен исключительно из материалов, доступных при жизни Леонардо. Средневековый дельтаплан напоминал сверху скелет птицы. Он был сделан из итальянского тополя, тростника, льна, сухожилий животных и льна, обработанного глазурью, полученной на основе выделений жуков. Летные испытания этого ЛА осуществила дважды чемпион мира по дельтапланеризму Джуди Лиден. Ей удалось поднять ЛА на высоту 10 м. и продержаться в воздухе 17 секунд. Это было достаточно, чтобы доказать, что ЛА на самом деле работает.

Англичанин Адриан Николас со своими сподвижниками, по рисунку Леонардо 1483 года изготовил парашют, который испытал 26 июня 2000 года. А. Николас прыгнул с высоты 3000 м. и благополучно приземлился.

Таким образом, через 500 лет некоторые изобретения Леонардо были практически осуществлены.

Несомненно, что определённый интерес представляет рассматриваемая ниже психология изобретательского творчества Леонардо в области летания человека, сконструируемыми им ЛА.

### 3. ПСИХОЛОГИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОГО ТВОРЧЕСТВА ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ В ОБЛАСТИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Выдающийся невролог и психиатр З. Фрэйд [4,5] рассматривал изобретательское творчество Леонардо в области летания человека с точки зрения разработанного им психоанализа [6]. В структуре человеческой психики выделил бессознательное и сознательное проявления психики. Ввёл понятия либидо и сублимации.

Бессознательное – управляется инстинктами, регулирующими чувственную сферу естественных потребностей. Сознательное – определяет выбор поведения в общественной среде, однако не всецело, так как этот выбор может иницироваться бессознательным проявлением психики, которая автоматически регулируется принципом удовольствия.

Либидо – обозначает сексуальное влечение или половой инстинкт. Поскольку жестокость и половое влечение связаны самым тесным образом, подчеркнут агрессивный момент либидо [6]. Этот термин использован для толкования научной и художественной деятельности человека. Сублимация заключается в переключении энергии сексуальных и агрессивных влечений на социально приемлемые цели. Это один из источников художественного, научного и технического творчества.

В рукописях Леонардо отмечено, что ему судьбой было предопределено заняться проблемой полёта птиц, поскольку ещё в колыбели, в сновидении его посетил коршун. З. Фрэйд подчеркнуто отмечает в рукописи одно очень тёмное, звучащее как пророчество, место трактующее о полёте птиц, прекрасно свидетельствующее о том аффекте, приступе сильного нервного возбуждения, с которым у Леонардо связано желание самому научиться искусству летания. Это описание воображаемого первого полёта большой птицы с вершины Большого Лебеда (горы около Флоренции). Леонардо отмечает, что этот полёт должен ошеломить мир, наполнить хвалой все писания, и утвердить вечную славу тому гнезду, где она родилась. З. Фрэйд [4] высказал убеждение, что Леонардо надеялся, вероятно, сам когда –нибудь научиться летать.

З. Фрэйд [4] на основе психоанализа попытался объяснить, почему многие люди видят во сне, что они умеют летать. Это не что иное, как страстное желание быть способным к половой деятельности. Это ранее инфантильное желание. Когда в период своего сексуального исследования дети чувствуют, что взрослый что-то больше знает в этой загадочной и столь важной области, знает то, что ему, ребёнку, недоступно знать и

делать, в нём подымается неотступное желание знать тоже самое, и ему снится это в виде умения летать, или же он подготавливает эту замаскированную форму для будущих таких снов. З. Фрёйд приходит к парадоксальному заключению, что авиация имеет инфантильное эротическое происхождение.

Авторы данной статьи считают необходимым изложить следующие соображения.

Психоанализ, который разработал З. Фрёйд (1856-1939) и в настоящее время имеет большое научное и практическое значение в лечении неврозов, психических расстройств, толковании художественного, научного и технического творчества. Идея о том, что произведения искусства могут рассматриваться как результат невротических переживаний их создателя и проявление глубинного бессознательного, оказала огромное влияние на культуру XX века. Фрёйдизм оказал существенное влияние на эвристику – науку о творчестве. Применяемый в психоанализе метод свободных ассоциаций является научной основой широко применяемого эвристического метода интенсификации творческого мышления т. н. мозгового штурма. Соображения о психологии изобретательского творчества Леонардо да Винчи в области ЛА можно уточнить на основании мнения Д. Карнеги [7] о том, что "стремление к собственной значительности является одной из главных черт, отличающих человека от животного".

Стремление Леонардо решения проблемы летания человека, изобретения ЛА является сублимацией либидо, переключением энергии сексуальных и агрессивных влечений на изобретательское творчество. То, что предметом изобретательства было ЛА можно объяснить следующим образом.

Желание любого человека быть значительным не имеет границ для талантливых людей, ещё более безудержно для гениальных, каковым был Леонардо. В то время летание человека было недостижимой мечтой человечества, осязаемой только в сновидениях. Поэтому, утверждая свою ни с кем не сравнимую значительность, Леонардо взялся за решение этой проблемы.

Стремление Леонардо к утверждению его особой значительности было нацелено на будущее.

Перейдём к рассмотрению возможной реализации идей Леонардо для развития современной авиации.



#### 4. ИДЕИ ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ И СОВРЕМЕННОСТЬ

Известно, что в истории науки и техники, подход с точки зрения историзма состоит в оценке рассматриваемого объекта в аспекте как прошлого, так и тенденций будущего развития. При этом объект рассматривается как система, и с точки зрения процесса следующих друг за другом во времени исторических связей и зависимостей его внутренних составляющих [8,9].

В настоящее время, конструкции двигателя и планера самолёта близки к оптимальным, оставляя большой простор для повышения характеристик конструкционного материала, как средства увеличения общих летно-технических данных [1]. Есть основания полагать, что это относится ко всем ЛА.

Методы бионики, основанной Леонардо в их современном состоянии, учитывая, что нанотехнологии вдохнули новую жизнь в бионику, могут быть эффективными средствами оптимизации конструкций современных ЛА.

При моделировании живых организмов многие бионические модели до технического воплощения начинают свою жизнь на компьютере. Это даёт возможность за короткое время исследовать различные варианты возможных технических решений.

Главное отличие живых организмов состоит в их невероятной энергоэффективности. В процессе эволюционного развития живые организмы научились жить, передвигаться и размножаться с использованием минимальной энергии, заимствуя у природы инженерные решения, можно существенно повысить энергоэффективность современных технических устройств, что особенно важно при разработке ЛА. В природе адаптивность в процессе формирования биологических объектов, при взаимодействии с окружающей средой приводит к созданию уникальных адаптивных структур, называемых интеллектуальными системами .

Выше было отмечено, что Леонардо начал изобретать ЛА на основе изучения полёта стрекоз, которые известны своей техникой высшего пилотажа. Учёные Великобритании и Германии смогли установить последовательность движений двух пар крыльев стрекоз, позволяющих им добиваться максимальной эффективности полёта. Для этого, была сконструирована стрекоза-робот. Результаты этих исследований могут быть использованы в технике. Инженеры уже заимствовали у стрекоз некоторые приемы, например, для разработки военных вертолётов.

В США запланированы очередные испытания адаптивных крыльев ЛА, воплощающих идею механизма работы птичьего крыла, с помощью крыльев, подстраиваемых под различные режимы полёта. Это даёт возможность существенно улучшить летно-технические характеристики ЛА. Предполагается, что крыло, управляемое компьютером, будет принимать оптимальную для полёта форму. Соответственно снижается потребление топлива. Надо полагать, что это будет способствовать повышению энергоэффективности ЛА. Встроенные в крылья "интеллектуальные" сенсоры будут выполнять роль нервов птицы, а приводы – её мышц.

Американские учёные разрабатывают самолёт, который будет копировать летательные приёмы птиц, размахивая крыльями или же меняя форму и угол крыльев во время полёта. Это будет первый в мире машущий крыльями, автоматически управляемый самолёт, работающий целиком на солнечной энергии. Взмахи крыльями один раз в секунду будут осуществляться не с помощью привычных механических деталей, а при помощи необычного материала, который может гнуться в электрическом поле подобно искусственной мышце. Самолёт будет иметь профиль орла в полёте. Использование возобновляемого источника энергии даст возможность самолёту находиться в воздухе неделями.

Приведённые примеры однозначно показывают целесообразность применения бионических моделей для создания оригинальных ЛА. Для этого должны быть подготовлены базы данных и на основании их – банки данных.

Природа – неисчерпаемый источник инженерных идей [11]. Некоторые примеры приведены в таблице 1.

Таблица 1

Принцип	Прототип в природе	Технический объект	Источник
Гофрирование	Прочность гигантских листьев пальмы связана с их гофрированием	Гофрированная обшивка фюзеляжей самолётов. Гофрированная кровля	[12] с. 44
Армирование	Пространство между стенками трубки стебля злака заполнено сотовой структурой, обеспечивающей удельную прочность	В самолётостроении высокая удельная прочность панелей с сотовыми заполнителями	[12] с. 69

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Идеи Леонардо Да Винчи в области создания летательных аппаратов бессмертны и не теряют актуальности в современном мире. Через 500 лет дельтаплан и парашют, изготовленные по чертежам Леонардо из материалов характерных для эпохи творчества Леонардо, успешно прошли летные испытания.

Бионика, основанная Леонардо в её современном виде, может быть средством выхода из тупиковой ситуации в проектировании ЛА. Известно, что конструкции самолётов и вообще ЛА приближаются к оптимальным. Поэтому, повышение летно-технических характеристик ЛА достигается применением новых конструкционных материалов. В настоящее время есть уже прецеденты создания совершенно оригинальных ЛА на основе бионических моделей.

Есть основания полагать, что бионические модели, “обогащенные” нанотехнологией дадут возможность в будущем создать разнообразные конструкции энергоэффективных ЛА с интеллектуальными системами. Для этого должны быть подготовлены базы данных и на основании их – банки данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Hirchenhain A. , Leonardo da vinci als Ingenieur, Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. h.c. Dr.-Ing. Peter Dietz, Glausthal-Zellerfeld, Mai 1999, s. 43-62.
2. Голин Г. М. , Филонович С. Р. Классики физической науки (с древнейших времён до начала XX века): Справ. пособие, – М. : Высш. шк. , 1989. – 576 с. : ил. (Леонардо да Винчи. о науке, с. 31-38)
3. Зворыкин А. А. , Осьмова Н. И. , Чернышев В. И. , История техники (Отв. ред. Кан. экон. наук Ю. К. Милоков ) М. , Соцэкгиз, 1962. – 772 с. : ил.
4. Зигмунд Фрёйд, Леонардо да Винчи. Перевод с немецкого Е.С.Г. , Москва, типография торг. д. “Мысль”, Петровка, д. 17, 1912. Репринтное воспроизведение издания 1912, 1991
5. Пушкин В.Н., Эвристика-наука о творческом мышлении, Изд. Политической литературы, М., 1967-270 с.
6. Зигмунд Фрёйд, Введение в психоанализ: Лекции/Авторы очерка о Фрейде Ф.В. Бассин и М.Г. Ярошевский – М.: Наука. 1989-456 с.

7. Карнеги Д. , Как завоевывать друзей и оказывать влияние на людей: Пер. с англ. /Общ. ред. и предисл. Зинченко В. П. и Жукова Ю. М. – М.: Прогресс, 1990 – 720с.
8. Философский словарь / Под ред. И. Т. Фролова. – 5 – е изд. – М. : Политиздат, 1986. – 590 с.
9. Философский энциклопедический словарь / Редкол.: С. С. Аверинцев, Э. А. Араб-Оглы, Л. Ф. Ильичев и др. – 2-е изд. – М. : Сов. энциклопедия, 1989 – 815 с.
10. Строение и свойства авиационных материалов: Учебник для вузов / Белов А. Ф. , Бенедиктова Г. П. , Вискова А. С. и др. Под редакцией акад. Белова А. Ф. , докт. техн. наук, проф. Николенко В. В. М. : Металлургия. 1989, 368 с.
11. А. И. Бетанели, О предпосылках развития методологии проектирования машин // Сообщения Академии наук Грузии, 1994, том 149, №3, с. 448-451
12. Ф. Патури, Растения – гениальные инженеры природы, перевод с немецкого Ю. И. Куколева, редакция и послесловие Б. П. Степанова: – М. : изд. "Прогресс", 1982, 271 с. :ил.

#### Примечание

Иллюстрации, сведения о приоритете Леонардо да Винчи в области изобретения воздушного шара и практической реализации его идей приведены на основании новейших данных интернета (интернет-адреса: [www.mail.ru](http://www.mail.ru), [www.list.ru](http://www.list.ru), [www.google.de](http://www.google.de), [www.fireball.de](http://www.fireball.de) ).

#### **LEONARDO DA VINCI – FOUNDER OF AERONAUTICS AND AVIATION**

**S. Tepnadze, R. Zukakishvili, A. Betaneli**

**Abstract:** Leonardo da Vinci – the great painter, distinguished, versatile scientist and engineer – the ideal of Italian Renaissance was the founder of bionics, aeronautics and aviation. Is given the review of offered by him airframes. Are stated the reasons authors of article about realization of Leonardo da Vinci ideas for development of up-to-date aviation.

(Поступило 04.03.2009)

История науки и техники

## ВЫПЛАВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СВИНЦА В ДРЕВНЕЙ ГРУЗИИ

Г.Г. Цирекидзе, Г.В. Чхаидзе, Р.В. Чагунава

(Авиационный университет Грузии, пр.Кетеван Цамебули,16, Тбилиси, 0103,  
Грузия)

**Резюме:** *На основании изучения письменных источников XVIII-XIX веков установлено функционирование в Сванетии, в одном из горных краев Грузии, крупного центра добычи и выплавки свинца, обслуживающего своей продукцией, в виде ружейных пуль и дроби, всю Сванетию и соседствующие с ней регионы.*

**Ключевые слова:** Свинец, выплавка, сопло, воздуходувка, плавильная печь.

В Сванетии, в одном из горных краев Грузии, местное население с древнейших времен занималось добычей и металлургической переработкой различных металлов (золота, серебра, железа, меди и т.д.). Немалое внимание уделялось и производству металлического свинца, интенсивность выплавки которого резко должно было возрасти с XVI-XVII веков. В это время в Сванетии появляется огнестрельное оружие и, в связи с этим, естественно, что возник повышенный спрос на свинцовые пули. Тем более, что новое оружие с самого начала заняло особое место в быту горного края и превратилось в предмет первейшего употребления. Примечательно, что в более 500 зарисовках итальянского католического миссионера Каstellи (XVII в. I пол.), посвященным войнам и мирному населению, а также быту различных стран, ружье фигурирует только в двух и то, относящихся к Сванетии, рисунках ([1], рис., рис. 124 и 279).

Известный ученый академик А. Гюльденштедт, который в 1771-1772 годах по заданию Российской Императорской Академии наук был командирован в Грузию руководителем научной экспедиции, в своих записях отмечал, что сваны «имеют рудники свинца и меди и владеют искусством их выплавки» ([2] с. 331.)

Сам А. Гюльденштедт эти рудники не осматривал, но, согласно информации, полученной им от местных жителей, рудник свинца располагался в верховьях реки Цхенисцкали, близ селения Лашхети. На основании изучения образцов руды,

специально предоставленных ученому из этого рудника, он установил, что эта руда характеризуется «обычным грубоостроконечным свинцовым блеском». Эту руду сваны используют для изготовления дроби (и следовательно - пуль) ([2] с. 167, [3] с. 31).

В 1805 году Сванетию посетил английский горный инженер Макенен, который лично осмотрел свинцовые залежи и рудники. В рапорте от 13 августа 1805 года, он сообщал главноначальствующему на Кавказе П. Цицианову, что «весьма богатые свинцовые руды находятся в горах Сванетии, где имеются старые разработки и ряд благоприятных признаков». Год спустя, в 1806г. уже сам П. Цицианов в письме графу Литвинову отмечал, что в Сванетии имеется большое количество «весьма выгодной свинцовой руды» ([4] с. 887).

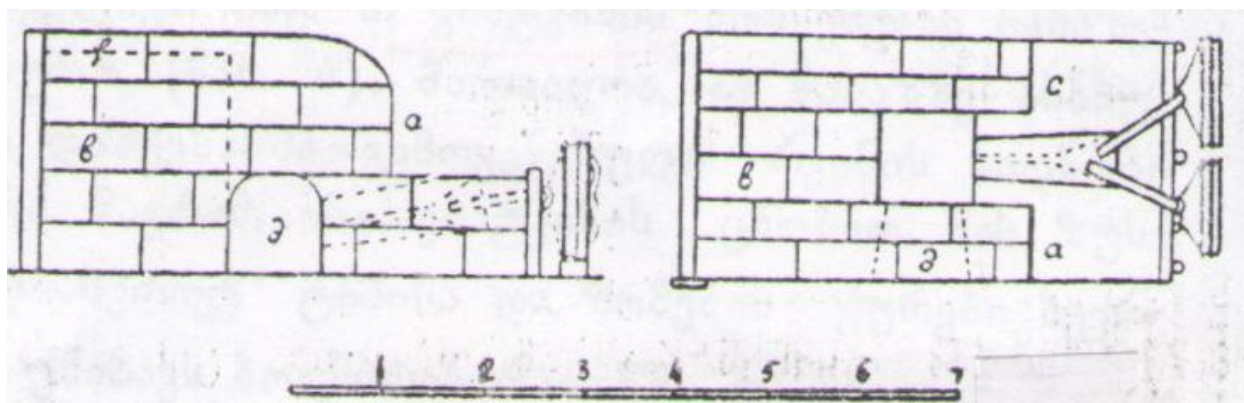
Большую ценность представляет статья горного специалиста Н. Воскобойникова, который в 1824 году был командирован в Западную Грузию для изучения минеральных ресурсов горных краев. Как и А. Гюльденштедт полвека назад, Н. Воскобойников проявил повышенный интерес к руднику, близлежащего к с. Лашхети. В своей статье он кратко описал используемый там метод выплавки свинца. Согласно этому описанию, процесс плавки металла проводился точно в тех же плавильных печах, которые употреблялись в Верхней Раче (Цедиси) для получения железа. Сама процедура выплавки свинца описана так: «Выплавка свинца производится здесь в таких же горнах, какие были описаны при цедисском железном промысле. Накаливают в сем горне железо, на него насыпают понемногу почти в порошок измельченной руды; сера свинцового блеска соединяется с железом и образует сок. Свинец получается в металлическом виде» ([5] с. 58-59).

Из цитированного фрагмента видно, что сваны для получения металлического свинца пользуются методом, предусматривающим высокотемпературное взаимодействие железа с сульфидом свинца, содержащегося в свинцовом блеске. Этот метод в научной литературе известен под названием «метод осаждения» и его с древнейших времен употребляли в Греции и он также был, по-видимому, известен и в Сванетии.

Описание Н. Воскобойникова, хотя и кратко, содержит скудные сведения, но используя его в комплексе с данными некоторых историко-металлургических источников, можно с большой точностью восстановить общую картину работы свинцовых промыслов древней Сванетии.

Рассмотрение производственного процесса следует начать с вопросов, связанных с конструкцией плавильной печи. В первую очередь заслуживает внимания вышеупомянутое известие Н. Воскобойникова, что сваны плавят свинец точно в таких печах, которые в Цедиси применяли для получения сыродутного железа. А цедисские печи в научном обороте хорошо известны из работ самого Н. Воскобойникова и других специалистов (А. Петцольд, Карпинский и др.). ([5] с. 53-54, [6] с. 36).

В 1860 году инженер Карпинский из натуре составил схему действующей плавильной печи, которая приводится ниже на рис.1 ([6] с. 36).



**Рис.1** Схема цедисской железоплавильной печи:  
а, в, с, - каменные стены печи; э – окно для выноса металла  
и шлака; квадрат–очаг; направо–две ручные цилиндрические воздуховуки.

Значительно раньше, в 1824 году Н. Воскобойников провел замеры фактически точно таких же печей и в своей статье привел следующие данные: площадь верхнего периметра очага печи – 12x12 квадратных вершков ( $52,8 \times 52,8 \text{ см}^2$ ), площадь нижнего периметра – 8 x 8 квадратных вершков ( $35,2 \times 35,2 \text{ см}^2$ ) и глубина очага 12 вершков (52,8см). На одной стороне очага косо была прорезана скважина для слива жидкой массы. Подача воздуха в очаг осуществлялась двумя цилиндрическими воздуховуками, через наклонно проложенного сквозь стену глиняного сопла (длина - 8 вершков или 35,2 см.). Тонкий конец этого сопла через заднюю стену проходил в очаг, а второй, широкий конец, с помощью труб был подсоединен к воздуховукам ([5] с. 53-54).

Процесс выплавки, согласно цитированному фрагменту Н. Воскобойникова, начинался накаливанием железа в печи. Хотя здесь автор не упоминает, но само собой



ясно, что как во всех производствах, использующих метод осаждения, в этом случае накаливание железа осуществлялось сжиганием древесного угля. Главным условием для взаимного реагирования железа с сульфидом свинца является высокая температура (выше 1000°C), которая обеспечивает протекание реакции  $Fe + PbS = Pb + FeS$  в нужном направлении.

При выплавке железа цедисские мастера сперва на дно очага печи наносили слой угля, а затем его покрывали слоем железной руды ([7] с.77).

При выплавке свинца верхний слой, естественно, состоял уже из металлического железа. Что касается свинцового блеска, согласно Н. Воскобойникову, его наносили, измельченного почти в порошок, на раскаленное железо «понемногу». Ясно, что такая высокая степень измельчения значительно способствовала увеличению площади соприкосновения взаимодействующих веществ и, тем самым, обеспечивало энергичное протекание процесса. Эту же цель преследовало введение в реакционную зону малых количеств свинцового блеска, поскольку поверхность железа перед каждой очередной порцией руды успевала освободиться от жидких продуктов, полученных при взаимодействии с предыдущей порцией этой же руды.

Время от времени, при накоплении в очаге печи плавленной массы (шлака, сульфида железа, свинца), с целью предотвращения ее проникновения в воздуходувную систему, она выводилась наружу, с помощью прорезанной наклонно в стене скважины, которая в печах при получении железа применялась для слива жидкого шлака.

Полученные при взаимодействии железа и свинцового блеска жидкие массы состояли из трех слоев. Выше всех располагался более легкий слой шлака. Средний слой содержал жидкий сульфид свинца, в котором были растворены не до конца прореагировавшие с железом сульфид свинца и сульфиды других металлов. Ниже этой массы (блейштейн) располагался слой металлического свинца (веркблей). ([8] с. 658).

Согласно Р. Вагнеру, шлак состоял в основном из силикатов. В одном из образцов, по данным Т.Рихтера, блейштейн содержал: 39% Fe, 27% Pb, 22% As+Sb, 10% Cu и т.д. Что касается основного продукта, т.е. веркблея, его 97,6% состоял из Pb, а из остальных примесей (Fe, Ag, Cu и т.д.) количество каждого не превышало 0,5%. ([9] с. 233).



В промыслах Сванетии разделение свинца и шлака вместе с блейштейном не представляло трудности, так как вне печи шлак и блейштейн быстро затвердевают, и эта твердая масса легко отделяется от жидкого свинца, имеющего низкую температуру плавления ( $t=237,4^{\circ}\text{C}$ ).

Получаемый таким образом свинец, по меркам тех времен, имел высокую степень чистоты и его успешно можно было использовать во всех сферах, где он находил применение.

Н. Воскобойников приводит еще одно интересное сообщение, откуда видно, в каких масштабах было поставлено у лашхетских металлургов дело выплавки свинца и производство на его основе ружейных пуль. По его словам: «Добытый таким образом свинец употребляется единственно для литья пуль, которые покупают у лашхетских жителей осетины, абхазы и жители других деревень Суанеты, платя за каждый фунт по двадцать копеек серебром» ([5] с. 59).

Из этого сообщения видно, что лашхетское производство обслуживало не только сванов, но и соседствующих с ними – абхазов и осетин. Ясно также, что в таких масштабах обеспечение многочисленных потребителей было бы невозможно без функционирования мощного горно-металлургического производства. Так что не вызывает сомнения, что как в первой четверти XIX века, так и в более ранних веках, в Лашхети функционировал крупный центр производства металлического свинца и свинцовых пуль. Вместе с этим, следует обратить внимание на сообщение А. Гюльденштедта, что из выплавленного в Лашхети металлического свинца сваны готовят ружейную дробь. Это означает, что продукцию лашхетского производства вместе с пулями, позднее, составляла и ружейная дробь. Для изготовления сферической свинцовой дроби требовалась довольно сложная технология, предусматривающая получение специальных мышьякосодержащих сплавов свинца, которые, по-видимому, также были освоены в Лашхети.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кристофоро де Кастелли. Альбом зарисовок и реляций. Тб., 1976. (На груз. яз.). -457с.
2. Путешествие А.Гюльденштедта в Грузии.Т.І. Издал Г. Гелашвили, Тб., 1962. - 354с.

3. Путешествие А.Гюльденштедта в Грузии.Т.И. Издал Г. Гелашвили, Тб., 1964.- 420с.
4. Габуния К. Свинец, серебро и цинк. Минеральные ресурсы ССР Грузии, Тифлис, 1933.- 1142с.
5. Воскобойников Н. Описание горных промыслов и полезных минералов в округах Имеретинском, Раче,Мингрельском, Лечхуме и Суанетах. Горный журнал. СПб, 1826. Кн.ХІ. -141с.
6. Кочлавашвили А. Старые металлургические установки. Мецниереба да техника, №4, 1957. (На груз.яз.). -38с.
7. Рехвиашвили Н. Кузнечное дело в Раче. Тб., 1953 (На груз.яз.). - 191с.
8. Любавин Н.И. Техническая химия. Т.IV,ч.2.М.:1906. - 974с.
9. Вагнер Р. Химическая технология. Спб., 1892. -1110с.

#### THE MELTING OF METAL BULLET IN ANCIENT GEORGIA

G. Tsirekidze, G.Chkhaidze, R.Chagunava

**Abstract:** On studying of writing sources of XVIII-XIX centuries it was established, that in Svaneti, in one of the mountain areas of Georgia, was functioning the powerful centre of finding and melting the bullets.Excep Svaneti its production was also spread in neighbouring regions, theproduction was namely: gun bullets and powder.

(Поступило 15.03.2010)

## SUMMARIES

SHEL MODEL IN AVIATION – TRANSPORT SYSTEM AND SAFETY OF FLIANTS. **S. Tepnadze, A. Betaneli, B. Ioanidi.** “Air Transport”, Tbilisi, 2010, № 1(4). pp. 9-25, (Russ.).

When using model SHEL the authors suggest to analyse the prerequisite errors of aviation incidents in all links of aviation – transport system from disighing and manufacturing to flight operations.

THERMODYNAMIC CALCULATION OF THE ANTI-ICING SYSTEM (On an example of the light aircraft TAM JET). **R. Zukakishvili, O. Tusishvili.** “Air Transport”, Tbilisi, 2010, № 1(4). pp. 26-38, (Russ.).

As it is known used thermal power is defined by the quantity of heat, which provides heating of a surface covering of the nasal part of the wing, which interferes an icing of considered surfaces of the a/c units.

In article is considered the technique of thermodynamic calculation of anti-icing system on an example of the light a/c TAM JET. On the basis of the received results the parameters of the distributive elements of wing construction are defined.

RULE OF NUMERICAL EXPERIMENTS AT THE ANALYSIS OF MULTILAYERED ANISOTROPIC DESIGNES. **G. Tsirekidze, S. Bliadze, N. Beridze, T. Puluzashvili.** “Air Transport”, Tbilisi, 2010, № 1(4). pp. 39-47, (Russ.).

In the given work one of the pressing questions of building mechanics who concerns the analysis of perssure in environments and plates in considered. In given clause are resulted durablity the analysis of aviable models. the basic is made on the analysis of multilayered designs. Thus is gicen an optimum directions of layers and their quantity, for different variants of loadings.

PREPARATION AND PHOTOELECTRICAL PROPERTIES OF CADMIUM-AND LEAD-DOPED THULIUM SESQUISUFIDES THIN FILMS. **K. Davitadze, T. Minashvili.** “Air Transport”, Tbilisi, 2010, № 1(4). pp. 48-53, (Russ.).

Given paper deals with technology of preparation of thin thulium sesquisulfide films,there alloing with Cd and Pb and study the spectral and tempeture dependences of

photoconductivity and photo-emf, which measured in photon energy range 0.2 -3.3 eV at temperature 115 to 350K. The interpretation of received experimental data has been carried out with supposition of basic role of photosensitivity of acceptor levels formed by vacancies in cation sublattice during their compensaton by introduced donors of Cd and Pb. The energies of donor level ionization of lead and acceptor state formed by vacancies of Tm in Tm<sub>2</sub>S<sub>3</sub> thin films have been determined.

THE POSSIBILITIES OF CONVERGATION OF FINANCIAL POLITICS FOR THE ECONOMIC RELATIONSHIP OF GEORGIA. **V. Kakabadze, E. Barbakadze.** “Air Transport”, Tbilisi, 2010, № 1(4). pp. 54-66, (Russ.).

In the work is analyzed the recent period of economic reforms in Georgia, Armenia and Azerbaijan and is given the improving recommendations of investment environment by means of financial politics convergence of economic development, for such important and bold investment requiring field as Aviation.

THE ECONOMETRICAL MODEL OF AVIATION COMPANY'S PROFIT. **A. Davitadze, A. Noniadze.** “Air Transport”, Tbilisi, 2010, № 1(4). pp. 67-73, (Russ.).

In Aviation enterprises, for exploitation incomes, expenditures and profits analyze, profitableness indices in aircrafts, coefficient of taking seats in the armchairs, considering the quantity of passenger transportation is worked out the econometrical model of Aviation companies. Generally there was constructed quadratic function of profit, according to its relevant drawing (parabola) was established the zero profit point and those intervals where the aviation company suffers the loss and the profit. And according to the profit function production is established the interval of marginal profit, which defines each additional passenger's impact on the rate of profit change.

THE ECONOMIC INTERRELATION BETWEEN THE FORMATION OF THE RATES AND PASSENGER SERVICE. **N. Dumbadze, Y. Sukhitashvili, A. Noniadze.** “Air Transport”, Tbilisi, 2010, № 1(4). pp. 74-83, (Russ.).

In the environment of the world's global economic crisis and severe competition, air carriers are giving more and more importance to the passenger transportation services, which provides the satisfaction of the population demands for transportation, especially on average and long distances.

The economic interrelation between the formation of an air transportation rates and the quality of the provided services on the different technological levels of the passenger service.

The differentiation of the provided services and the definition of their ponder ability at air transportation for the passengers of the different classes were made on the basis of passenger inquiry and appreciation of independent experts.

The definition “Fair Rate” was stated according to that passenger should pay for the services on his demand.

THE FORMATION OF THE DEVELOPMENT STRATEGY OF THE GEORGIAN AIRLINES. **Y. Sukhitashvili, N. Dumbadze, G. Imedashvili, M. Sukhitashvili.** “Air Transport”, Tbilisi, 2010, № 1(4). pp. 84-95, (Russ.).

At the free market environment and severe competitiveness between the airliners of the world, development and prognosis of the activity strategy is the main objective. Authors of the article count that, airliners, when stating the strategy for air market activity should also be oriented to the development of tourism industry, as tourism is the main passenger formative factor in aviation field.

GLOBAL EXTREMEUM OF SOME FUNCTIONS OF TWO VARIABLES. **G. Javakhishvili, N. Tavadze.** “Air Transport”, Tbilisi, 2010, № 1(4). pp. 96-101, (Russ.).

Analysis of global extremeum is one of the most important methods of differential calculus of functions of two variables which helps to find optimum solution of different engineering and economic models.

LEONARDO DA VINCI – FOUNDER OF AERONAUTICS AND AVIATION. **S. Tepnadze, R. Zukakishvili, A. Betaneli.** “Air Transport”, Tbilisi, 2010, № 1(4). pp. 102-113, (Russ.).

Leonardo da Vinci – the great painter, distinguished, versatile scientist and engineer – the ideal of Italian Renaissance was the founder of bionics, aeronautics and aviation. Is given the review of offered by him airframes. Are stated the reasons authors of article about realization of Leonardo da Vinci ideas for development of up-to-date aviation.

THE MELTING OF METAL BULLET IN ANCIENT GEORGIA. **G. Tsirekidze, G.Chkhaidze, R.Chagunava.** “Air Transport”, Tbilisi, 2010, № 1(4). pp. 114-119, (Russ.).

## РЕФЕРАТЫ

**МОДЕЛЬ «SHEL» В АВИАЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ. С.А. Тепнадзе, А.И. Бетанели, Б.А. Иоаниди.** «Воздушный транспорт», Тбилиси, 2010, № 1(4), с. 9-25, (Русск.).

В статье рассматриваются возможные аспекты повышения безопасности полетов.

Применяя существующую модель «SHEL», авторы предлагают проводить анализ ошибок, предпосылок авиационных происшествий, авиационные происшествия, с учетом требований эргономики, во всех звеньях цепи авиационно-транспортной системы от конструкторов и изготовителей самолетов до экипажа. Рассматриваются прямая и обратная связи между звеньями, когда вся система работает и ее конечное звено - экипаж с пассажирами находятся в полете.

Модель исследования человеческого фактора «SHEL» – концептуальная схема понимания человеческого фактора при расследовании авиационных происшествий, разработанная Эдвардсом и видоизмененная Хоукнинсом. Во всех звеньях авиационно-транспортной системы работают люди с их сильными и слабыми человеческими качествами и их ошибки не должны быть конечным этапом при расследований предпосылок авиационных происшествий или непосредственно авиационных происшествий. Ошибка должна стать следствием поиска главных упущений, недоработок во всех звеньях системы для их устранения.

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА (на примере легкого самолета TAM JET). Р.И. Зукакишвили, О.Ш. Тусишвили.** «Воздушный транспорт», Тбилиси, 2010, № 1(4), с. 26-38, (Русск.).

Как известно, потребная тепловая мощность определяется количеством тепла, которое обеспечивает нагрев поверхности обшивки носовой части крыла, что препятствует обледенению рассматриваемых поверхностей агрегатов самолета.

В статье рассматривается методика термодинамического расчета противобледенительной системы на примере легкого самолета TAM JET.

На оснований полученных результатов определены параметры распределительных элементов конструкций крыла.

**РОЛЬ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ АНАЛИЗЕ МНОГОСЛОЙНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. Г. Г. Цирекидзе, С. Н. Блиадзе, Н. М. Беридзе, Т. З. Пулузашвили.** «Воздушный транспорт», Тбилиси, 2010, № 1(4), с. 39-47, (Русск.).

В данной работе рассмотрен один из актуальных вопросов, относящихся к анализу напряжений в оболочках и пластинах -важнейших элементах авиационных конструкций. Проведен прочностной анализ имеющихся моделей. Основной акцент сделан на анализе многослойных конструкций. Для разных вариантов нагрузок предложено оптимальное направление слоев и их количество.

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК ПОЛУТОРНОГО СУЛЬФИДА ТУЛИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО КАДМИЕМ И СВИНЦОМ. К.Д. Давитадзе, Т.А. Минашвили.** «Воздушный транспорт», Тбилиси, 2010, № 1(4), с. 48-53, (Русск.).

В работе описано исследование технологии изготовления тонких пленок полуторного сульфида тулия и их легирование кадмием и свинцом. Изучалось влияние легирующего элемента на электро и фотоэлектрические свойства, была изучена спектральная зависимость фотопроводимости и фото-ЭДС в 0.2-3.3 эв энергетическом интервале. Проводилась интерпретация полученных данных в предположении, что главную роль в фотопроводимости играют акцепторные уровни в катионной подрешетке при их компенсации донорными атомами кадмия и свинца. Определена энергия ионизации донорного уровня свинца. Полученные материалы характеризуются высокой фоточувствительностью, что можно широко использовать в производстве авиационного приборостроения.

**О ВОЗМОЖНОСТИ КОНВЕРГЕНЦИИ ФИНАНСОВОЙ ПОЛИТИКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ ГРУЗИИ. В.В. Какабадзе, Э.Э. Барбакадзе.** «Воздушный транспорт», Тбилиси, 2010, № 1(4), с. 54-66, (Русск.).

В статье проанализирован прошедший период экономических реформ Грузии, Азербайджана и Армении и даны рекомендации для улучшения инвестиционной среды, путем конвергенции финансовой политики, что со своей стороны является предпосылкой экономического развития такой значительной отрасли, как авиация, которая нуждается в больших капиталовложениях.

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИБЫЛИ АВИАКОМПАНИИ.

**А.В. Давитадзе, А. В. Нониадзе.** «Воздушный транспорт», Тбилиси, 2010, № 1(4), с. 67-73, (Русск.).

Для анализа эксплуатационных доходов, издержек и прибыли в авиакомпаниях с помощью показателя рентабельности, коэффициента занятости кресел в воздушном судне и учитывая их количество, для пассажирских перевозок разработана эконометрическая модель прибыли авиакомпании. Построена квадратная функция прибыли, с соответствующим графиком (парабола), установлена нулевая точка прибыли и те промежутки, где авиакомпания получает прибыль или терпит убытки, а с помощью производной этой функции установлен промежуток маргинальной прибыли, который указывает влияние перевозки каждого следующего пассажира на темп изменения прибыли.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ФОРМИРОВАНИЕМ АВИАТАРИФОВ И УСЛУГАМИ ПРИ СЕРВИСНОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПАССАЖИРОВ. **Н. И. Думбадзе, Ю. В. Сухиташвили, А. В. Нониадзе.** «Воздушный транспорт», Тбилиси, 2010, № 1(4), с. 74-83, (Русск.).

В условиях мирового глобального экономического кризиса и ужесточившейся конкуренции авиаперевозчики придают все большую значимость качеству услуг на пассажирские авиаперевозки, которые обеспечивают удовлетворение потребности населения в перемещении, особенно на средние и дальние расстояния.

В статье исследована экономическая взаимосвязь между формированием тарифов на авиаперевозки и качеством предоставляемых услуг на разных технологических этапах сервисного обслуживания пассажиров.

На основе бальных оценок независимых экспертов и анкетного опроса пассажиров, была проведена дифференциация услуг сервиса, а также определена их весомость при воздушных перевозках для пассажиров различных классов обслуживания.

Установлено понятие «справедливый» авиатариф, при котором пассажир оплачивает именно те услуги, которые ему необходимы.



**РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ АВИАКОМПАНИЙ ГРУЗИИ. Ю.В. Сухиташвили, Н.И. Думбадзе, Г.П. Имедашвили, М.Ю. Сухиташвили.** «Воздушный транспорт», Тбилиси, 2010, № 1(4), с. 84-95, (Русск.).

В условиях свободной рыночной экономики и жесткой конкуренции между авиакомпаниями мира значительным является разработка и прогнозирование стратегии действий. Авторы статьи считают, что авиаперевозчики при установлении стратегии деятельности на авиарынке, также должны ориентироваться на развитие туристической индустрии, так-как она является важнейшим пассажирообразующим фактором в авиационной отрасли.

**ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКСТРЕМУМ НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИЙ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ. Г.И. Джавахишвили, Н.Г. Тавадзе.** «Воздушный транспорт», Тбилиси, 2010, № 1(4), с. 96-101, (Русск.).

Исследование глобального экстремума является одним из важнейших методов дифференциального исчисления функций двух переменных, который позволяет найти оптимальные решения различных инженерных и экономических моделей.

**ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ – ОСНОВОПОЛОЖНИК ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ И АВИАЦИИ. С.А. Тепнадзе, Р.И. Зукакишвили, А.И. Бетанели.** «Воздушный транспорт», Тбилиси, 2010, № 1(4), с. 102-113, (Русск.).

Леонардо да Винчи – великий художник, выдающийся, разносторонний учёный и инженер – идеал итальянского Ренессанса был основоположником бионики, воздухоплавания и авиации. Дан обзор предложенных им конструкций летательных аппаратов (ЛА). Изложены соображения авторов статьи о реализации идей Леонардо да Винчи для развития современной авиации.

**ВЫПЛАВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СВИНЦА В ДРЕВНЕЙ ГРУЗИИ. Г.Г. Цирекидзе, Г.В. Чхаидзе, Р.В. Чагунава.** «Воздушный транспорт», Тбилиси, 2010, № 1(4), с. 114-119, (Русск.).

На основании изучения письменных источников XVIII-XIX веков установлено функционирование в Сванетии, в одном из горных краев Грузии, крупного центра добычи и выплавки свинца, обслуживающего своей продукцией, в виде ружейных пуль и дроби, всю Сванетию и соседствующие с ней регионы.