

УДК 514.7; 517.9; 519.6; 532.5; 533.6; 621.6; 629.7

А. В. АМБРОЖЕВИЧ<sup>1</sup>, С. А. ИЩЕНКО<sup>2</sup>, И. Ф. КРАВЧЕНКО<sup>4</sup>,  
Ю. А. КРАШАНИЦА<sup>1</sup>, В. А. КУДРЯВЦЕВ<sup>3</sup>, Б. В. ЛУПКИН<sup>1</sup>,  
В. Н. ПАВЛЕНКО<sup>1</sup>, П. А. ЯКОВЕНКО<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»*

<sup>2</sup> *Национальный авиационный университет (Киев)*

<sup>3</sup> *ГП «АНТОНОВ» (Киев)*

<sup>4</sup> *ГП «ЗМКБ «ПРОГРЕСС»» (Запорожье)*

<sup>5</sup> *ГККБ «ЛУЧ» (Киев)*

## О ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В НАЦИОНАЛЬНОМ АЭРОКОСМИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ им. Н. Е. ЖУКОВСКОГО «ХАИ»

*Представлены структуры и сравнительный анализ программ и курсов фундаментальной подготовки специалистов для аэрокосмической отрасли в США, Германии, Китае и ХАИ. Предметно описана учебно-лабораторная база кафедры аэрогидродинамики Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» и приведена информация о научно-экспериментальных базах аэродинамических комплексов Украины и ведущих организаций Северной Америки и Западной Европы. Показаны некоторые основные результаты теоретических и экспериментальных исследований профессорско-преподавательского состава и научно-технических сотрудников кафедры аэрогидродинамики Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».*

**Ключевые слова:** подготовка специалистов, аэрокосмическая отрасль, анализ программ подготовки, фундаментальные дисциплины, учебно-лабораторная база, аэродинамические комплексы, результаты исследований.

### Введение

С незапамятных времён люди с восхищением и завистью провожали взглядом пролетающую птицу, бегущие по небу облака, застывшую в воздухе стрелу и вдруг метнувшуюся в сторону. Они видели, как разносятся в тёплый, погожий день лёгкие белые паутинки, пушистые семена одуванчика, жёлтые листья деревьев.

Примеры полёта в природе манили человека, заставляли самому что-то попробовать, что-то начать делать.

Предпринимались попытки летать, с неподвижно распластанными машущими крыльями, подобно парящим птицам.

Полет человека совершенствовался постепенно. Были времена, когда летали в висячем положении, на «этажерках», сидя на скамейке в лётных очках и пробковом шлеме. Затем летали в открытых кабинах, защищённых небольшим ветровым козырьком, потом в закрытых кабинах с прозрачными фонарями. И всюду была своя романтика.

Далее, стали летать в герметически закрытых кабинах, в стеснённых скафандрах. Постепенно уменьшая связь с забортым пространством. Ощущение от полёта становилось скупым и жёстким в

силу увеличивающихся перегрузок, действующих на пилота.

Казалось бы, уходила романтика полёта.

Но вот пришла пора исследований в области аэродинамики сверхзвуковых и даже гиперзвуковых скоростей, обуздать которые стало тоже романтикой.

С освоением больших скоростей были достигнуты большие высоты, переходящие в космическое пространство.

На смену впечатлениям видеть Землю с высоты птичьего полёта или с высоты Эйфелевой башни стало возможным взглянуть на нашу голубую, прекрасную планету со спутника, а позднее и с высоты корабля, удаляющегося в сторону Луны.

Все это стремительное развитие авиационной и ракетно-космической техники во многом связано с достижениями таких наук как аэрогидродинамика и газовая динамика как единство научно-созидательного творчества и глубокого соответствующего и всеобъемлющего образования, являются методами и механизмами познания и необходимого влияния на определяющие параметры среды обитания человечества, управления процессами жизнедеятельности и прогнозирования его благополучного существования.

Начало науки о полете летательных аппаратов в воздухе было положено Н. Е. Жуковским [1] Он создал много трудов по теории авиации, гребных винтов, полёта птиц, явлений смерча, вихревых движений, ветродвигателей и т. д.

Аэродинамика — это наука, изучающая законы движения воздуха (газа) и силовое взаимодействие между телом и обтекающим его потоком.

Аэродинамические исследования в последнее время становятся актуальными не только в авиации, но и в автомобилестроении, высотном строительстве, трубопроводном транспорте. Рассматриваем ли мы движение самолёта, ракеты, пули, вертолёт, автомобиля, лопасти вентилятора, лопасти ветродвигателя, парашюта, а также полет птицы, насекомого, летучей рыбы, кленового семечка или явления водяного, песчаного смерча — везде, во всем этом многообразии мы встречаемся с особенностью аэродинамического воздействия воздуха.

Бесчисленны в технике и в природе примеры взаимодействия тел с воздушной средой. Что происходит в потоке воздуха? Что получится, если в этот поток поместить тело или, наоборот, тело заставить двигаться в неподвижной среде? Ответы на подобные вопросы даёт аэрогазодинамика.

За последнее время родилась практическая космонавтика с её гиперзвуковой аэродинамикой при движении в атмосфере планет. Созданы сверхзвуковые пассажирские самолёты. Прочно вошли в народное хозяйство вертолёт, шагнули вперёд аппараты на воздушной подушке и многое другое.

## 1. Учебный процесс

### 1.1. Базовые дисциплины

Поскольку, как говорится, кадры решают все, то обеспечение как сегодняшнего, так и дальнейшего перспективного развития этой наукоёмкой отрасли связано с подготовкой кадров всех квалификаций с соответствующими знаниями и умениями. К сожалению, в последние годы в силу причин разной природы наблюдается существенное снижение уровня подготовки специалистов для авиакосмической промышленности, что отмечается руководителями базовых предприятий.

Представлен анализ действующих программ обучения студентов по базовым направлениям подготовки специалистов всех уровней для предприятий авиакосмической отрасли: аэродинамика и газовая динамика, термодинамика и теплопередача. Проведено их сравнение с аналогичными программами подготовки родственных вузов стран с передовым уровнем создания объектов авиационной и ракетно-космической техники [2 – 4] (таблица 1 – 3).

Здесь привлекает взаимосвязанная последовательность преподавания предлагаемых дисциплин. Представлены такие важнейшие дисциплины как аэродинамика самолёта и вертолёт, элементы аэроупругости и аэроакустики, промышленная и экспериментальная аэродинамика. Особое внимание уделяется применению численных методов решения задач аэрогазодинамики и теплопередачи, включая методы как конечных, так и граничных элементов, а также метод конечных разностей, широко представленный в апробированных программных продуктах.

Таблица 1  
Учебные программы Department of Aerospace and Mechanical Engineering University of Arizona (USA)

Семестр	Учебные дисциплины	Объем (кред.)
2	Thermodynamics	3
3	Aerodynamics	3
3	Gasdynamics	3
3	Introduction and Fundamentals of Fluid Mechanics	9
4	Intermediate	3
4	Numerical Methods in Fluid Mechanics and Heat Transfer	3
4	Intermediate Fluid Mechanics	3
4	Applied Thermodynamics	3
4	Finite Element Analysis with ANSYS	3
5	Aeroelasticity	3
5	Advanced Thermodynamics	3
5	Numerical Methods in Fluid Mechanics and Heat Transfer	3
5	Boundary Layers	3
5	Compressible Fluid Dynamics	3
5	Nature of Turbulent Shear Flow	3
5	Applied Thermodynamics	3
6	Boundary Element Method	3
6	Advanced Computational Aerodynamics	3
6	Hydrodynamic Stability	3
6	Aeroacoustics	3
ВСЕГО: 72 кредита = 2592 час.		

Таблица 2

Учебные программы Stuttgart Institute of Aerodynamics and Gasdynamics (Germany)

Се- местр	Учебные дисциплины	Объем (кред.)
4	Numerical Methods	5
5	Fluid Mechanics	15
6-8	Aircraft Aerodynamics	9
7	Helicopter Aeromechanics	2
7	Theoretical Gasdynamics	2
7	Boundary-Layer Theory	3
7	Computational Fluid Dynamics (CFD)	3
7	Numerical Flow Visualization	2
7	Aerothermodynamic design problems of supersonic flight	2
7	Aerodynamic design of airfoils and wings	3
7	Numerical Gasdynamics	5
8	Numerical Solutions of incompressible flows	2
8	Industrial Aerodynamics	2
8	Environmental Aerodynamics	2
8	Experimental Fluid Dynamics	2
8	Flow Visualization	1
ВСЕГО: 53 кредита =1908 час.		

В нашем вузе содержания базовых дисциплин, включающих в себя утверждённые программы по аэрогидродинамике, газовой динамике и тепломассообмену представлены в табл. 4. Обращает на себя внимание то, что содержания указанных дисциплин не соответствуют выделенному количеству аудиторных часов. Вызывает большие сомнения результативность задекларированных объёмов на индивидуальную и самостоятельную работы. Кроме этого, не просматривается и вызывает озабоченность согласованность дисциплин по аэродинамике и гидравлике с гидрогазодинамикой и термодинамикой. В настоящее время создание современной аэрокосмической техники базируется на исследовании влияния

Таблица 3

Учебные программы FLUID MECHANICS Peking University (China)

Учебная неделя	Содержание учебной дисциплины	Метод обучения
1	Course introduction, fundamental properties of viscous fluid flow, stress tensor introduction	lecture
2	Generalized Newton's law, continual equation, momentum equation of fluid flow	lecture
3	Energy equation, basic properties of viscous fluid flow	lecture
4	Solutions of fluid equations, stokes motion of fluid flow bypass the ball	lecture, discussion
5	Boundary layer differential equation, separation of boundary	Lecture, discussion
6	Similar solution of two dimensional boundary layer differential equation	lecture
7	Falkner-Skan solution of fluid flow	lecture
8	Momentum integral equation in boundary, velocity section	lecture
9	Pohlhausen method, Holstein method, Thwaites method	discussion 2
10	Basic concepts of turbulent flow, fundamental equation of turbulent flow	lecture, discussion
11	Statistical theory of turbulent flow, closeness of turbulent statistic equation	lecture
12	Turbulent model and its application range in engineering	lecture
13	Boundary layer of turbulent flow	lecture, discussion
14	Free shears turbulent flows, turbulent flow in pipe	lecture
15	Fundamental of two-phase flow	lecture, discussion
16	Typical applications of numerical simulation to fluid flow	lecture
17	Numerical simulation of fluid flow and simulation on engineering turbulence	lecture, practice in computer
18	Examination	practice, examination

Таблица 4

Учебные программы Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Ка- федра	Дисци- плина	Семестр	Содержание дисциплины	Объем (час./кр.)	
Аэрогидродинамики (101)	Аэрогидродинамика и гидравлика	4	1. Основные физико-механические свойства жидкостей и газов 2. Основы кинематики жидкости и газа 3. Основы динамики жидкости и газа 4. Пограничный слой 5. Тонкий профиль в потоке несжимаемой жидкости 6. Тонкий профиль в дозвуковом потоке газа 7. Сверхзвуковые течения. Теория скачка уплотнения 8. Тонкий профиль в сверхзвуковом потоке газа	4 8 10 8 13 8 7 8	
		5	9. Основные уравнения гидравлики 10. Основы гидростатики 11. Течения жидкости в трубах 12. Местные гидравлические сопротивления 13. Вытекание жидкости через отверстия и насадки 14. Расчёт гидравлических сетей 15. Гидравлические машины (насосы)	2 4 8 8 4 8 10	
		ВСЕГО: 288 68 л.,+34 пр.+9 лаб.+177 с.р./8			
Кафедра аэрокосмической теплотехники (205)	1. Гидрогазодинамика	4	1. Гипотеза сплошности 2. Фундаментальные законы и уравнения 3. Уравнения одномерных течений газа 4. Газодинамические функции 5. Математическая модель прямого скачка 6. Закон обратного влияния 7. Течения газа с взаимодействиями 8. Метод малых возмущений 9. Линеаризованный сверхзвуковой поток 10. Конечные возмущения в сверхзвуковых потоках 11. Пограничный слой в газе	3 8 6 4 6 2 6 2 3 2 6	
		ВСЕГО: 162 (38 л.,+9 лаб.+115 с.р.)/4.5			
		2. Термодинамика и теплообмен	4	1. Термодинамическая система и её характеристики 2. Фундаментальные законы термодинамики 3. Термодинамические процессы в элементах энергетических установок и системах 4. Термодинамические циклы тепловых машин 5. Основы теории теплопроводности 6. Конвективный теплообмен 7. Элементы теплообмена излучением 8. Некоторые задачи сложного теплообмена	8 10 18 6 7 14 4 4
ВСЕГО: 144 (45 л.+27 лаб.+24 инд.+72 с.р.)/4					

вязкого теплопроводного газа как на внешние задачи обтекания летательных аппаратов, так и внутренние процессы в двигателях. В программах не отражены начально-краевые задачи даже для классических уравнений Навье-Стокса и их современных модификаций, направленных на изучение турбулентных течений, особенно в вопросах аэродинамического проектирования несущих систем летательных аппаратов широкого применения.

### 1.2. Фундаментальная подготовка

Причём такое сравнение должно охватывать не только основные дисциплины направления «Авиа-

ционная и ракетно-космическая техника» такие, как гидродинамика, аэродинамика, газовая динамика и термодинамика, но и программы дисциплин, обеспечивающих качественное понимание и усвоение базовых знаний: математика фундаментальная и прикладная, включая современные постановки начально-краевых задач аэродинамики и газовой динамики, а также методы их численной реализации, направленные на решение проблем создания аэрокосмической техники. Конечно, было бы весьма полезно провести анализ содержания программ этих дисциплин и их соответствия/востребованности основным дисциплинам направления.

Анализ представленных программ и курсов, убеждает в том, что, к сожалению, подготовка специалистов всех квалификаций для авиакосмической отрасли, по нашему мнению, оставляет желать лучшего. Можно выделить лишь такие позиции. Известна сложная форма поверхностей транспортных средств, особенно летательных аппаратов. Их проектирование с учётом аэродинамических и прочностных характеристик требует достаточно глубоких знаний в области современного векторно-тензорного анализа и дифференциальной геометрии, которые даже не предлагаются к изучению. Отметим также, что применяемые сегодня методы теоретических исследований и соответствующие пакеты прикладных программ, основанные на конечно-разностных подходах, далеки от совершенства, а результаты фундаментальных работ наших предшественников (Н. Е. Кочин, И. И. Ляшко, Б. Е. Победря, П. К. Рашевский, И. Н. Векуа, В. Д. Купрадзе и др.) востребованы не в полной и необходимой мере. Тем не менее, в последнее время возрастает интерес к идеологии метода граничных интегральных уравнений, который в последнее время получил весьма широкое распространение [5] (Vector, tensor and the basic equations of fluid mechanics. R. Aris. University of Minnesota; публикации в издательствах: Pergamon Press, Springer, Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, The Journal of Fluid Mechanics, AIAA Paper, Acta Mechanica Sinica, International Journal of Mechanical Engineering and Automation, Journal of aircraft, NASA cooperative agreement, NASA Langley research center и др.). Поэтому необходимы такие разделы курса высшей математики (математической физики), где бы изучались интегральные представления решений простейших начально-краевых задач для классических уравнений Лапласа, теплопроводности и волнового, которые и в настоящее время широко используются при формулировке практических математических моделей аэродинамики и газовой динамики, термодинамики и теории упругости, механики деформируемого твёрдого тела. В этом случае можно гарантировать решение проблемы успешного сочетания «знаний» и «умений». Кроме этого, такой последовательный и взаимосвязанный учебный процесс гарантирует созидательную деятельность, основанную не на пакетах «чёрных» программных продуктов, а на интеллектуальном богатстве специалиста, так как методологии, на базе которых создаются широко рекламируемые программные продукты создателями, не раскрываются и поэтому необходим профессиональный анализ всей информации поступающей по линии Internet. Руководства для пользователей существующих пакетов прикладных программ, как правило, не со-

держат описания соответствующих математических моделей и методов их численной реализации. Поэтому полученные результаты зачастую не соответствуют ожидаемым и не согласуются с данными апробированных экспериментальных исследований.

Только можно напомнить, что в предыдущие годы кафедры аэродинамики и динамики полёта всех профильных вузов обучали студентов по единым программам: гидравлика (семестр, курс. раб., экзамен), теоретическая аэродинамика (2 семестра, курс. расчётно-графическая раб., экзамен), прикладная/экспериментальная аэродинамика (семестр, курс. проект, экзамен), динамика полёта (семестр, курс. проект, экзамен). Кроме этого, по направлениям специальностей двигателестроения преподавались такие предметы как газовая динамика и термодинамика в значительно больших объёмах, чем это показано в табл. 4. Эти программы разрабатывались ведущими учёными и методистами и утверждались после детального согласования в рабочих группах научно-технических советов базовых предприятий отрасли, а процесс обучения завершался защитой курсовых/дипломных работ/проектов и сдачей полноценных экзаменов. К большому сожалению, сегодня эти программы просто не существуют.

Одной из причин ослабления фундаментальной подготовки специалистов был не совсем продуманный принцип создания института выпускающих кафедр. Был запущен процесс обеспечения штатов и нагрузки этих кафедр в ущерб заказов на основные курсы фундаментальной подготовки. Результаты этой деятельности сегодня налицо. В результате существенно понизился уровень подготовки специалистов по основополагающим в авиации дисциплинам: аэродинамике, механике жидкости и газа, прочности, оптимизации конструкции проектируемых изделий. А такая дисциплина как динамика полёта просто была исключена из учебных поручений нашего университета в отличие от вузов, в которых обучаются будущие «пользователи» авиационной техники (НАУ, ХНУВС и др.).

К сожалению, на сегодняшний день исчезла кафедра механики в Харьковском Национальном университете им. В. Н. Каразина, основанная и прославленная выдающимися математиками-механиками, академиками А. М. Ляпуновым и В. А. Стекловым и продолжавшая успешно развиваться на протяжении многих лет усилиями ректора ХГУ, выпускника ХАИ, профессора И. Е. Тарапова, а также находится под вопросом существование кафедры аэрогидродинамики и тепломассообмена Днепропетровского национального университета им. О. Гончара.

### 1.3. Учебно-лабораторная база

Важно отметить, что в настоящее время большую роль играют задачи как внутреннего, так и внешнего теплообмена, с учётом физико-химического взаимодействия, обеспечивающие надёжное функционирование агрегатов и систем авиакосмической техники. Здесь обоснованно подчёркивается, что обучение по всему спектру этих дисциплин/курсов должно быть согласованным и последовательным, обеспечивающих способность студента грамотно формулировать, в первую очередь, математическую модель поставленной задачи. Однако эти знания должны сопровождаться навыками и умениями, которые обеспечиваются изучением курсов экспериментальной аэрогидродинамики, газовой динамики и теплообмена (см. табл. 1 - 4) с выполнением учебных/тестовых исследований на лабораторных установках и стендах. В этом плане кафедра аэрогидродинамики ХАИ в достаточной мере обеспечена соответствующими лабораторными установками и стендами, некоторые из которых представлены на рис. 1 – 4.



Рис. 1. Комплекс лабораторных стендов по дисциплине «Гидравлика»



Рис. 2. Учебная аэродинамическая труба Т-8 для определения параметров пограничного слоя

Это лабораторное оборудование было создано более 50-ти лет назад. В 2000-х годах силами коллектива кафедры была проведена широкомасштабная реставрация гидравлических установок и систем обеспечения, а учебная дозвуковая аэродинамическая труба Т-5 приведена в соответствие с требова-

ниями госстандартов и укомплектована аппаратурой, позволяющей проводить учебный процесс с целью исследования аэродинамических характеристик летательных аппаратов и их частей в режиме реального времени.



Рис. 3. Учебная дозвуковая аэродинамическая труба Т-5



Рис. 4. Учебная сверхзвуковая аэродинамическая труба Т-7

Однако на сегодняшний день востребованные знания специалистов должны базироваться на современной учебно-лабораторной базе. В первую очередь это касается оснащения гидравлической лаборатории элементами современного насосного оборудования (плакаты, модели, стенды, ...) и гидродневоавтоматики. Можно с уверенностью сказать, что творческое взаимодействие с профильными предприятиями отрасли, с учётом их кадровой заинтересованности, в состоянии решить эти задачи в полной мере.

## 2. Научная деятельность

### 2.1. Экспериментальная база аэрогазодинамических исследований

За 100 лет развития авиации Украина достигла больших успехов и вошла в число немногих стран, которые обладают полным технологическим циклом создания летательных аппаратов, авиационных двигателей и ракет.



Одной из причин быстрого развития этих отраслей стали значительные успехи в области гидродинамики и прикладной аэродинамики, вобравшей в себя не только достижения современной аэродинамической теории, но и, прежде всего, экспериментальной аэромеханики. В решении огромного числа задач аэромеханики, ни один из методов не играет такую роль, как метод экспериментов в аэродинамических трубах. Необходимость экспериментирования на масштабных моделях, заменяющих натуральный объект, диктуется рядом объективных условий и, в частности, невозможностью эксперимента на натурном объекте в экстремальных ситуациях эксплуатации. Поэтому, при создании самолёта, ракеты или космического корабля с момента разработки и до стадии окончательной сборки аппарата (до первого полёта) используются результаты наземных испытаний, и в первую очередь испытание на моделях в аэродинамических трубах. Таким образом, аэродинамическим трубам в настоящее время принадлежит ведущая роль и, по-видимому, такая же роль будет принадлежать и в обозримом будущем, при создании новых образцов авиационно-космической техники, несмотря на развитие иных методов эксперимента, таких как баллистические испытания, полет радиоуправляемых динамически-подобных моделей, метод аналогий, вычислительных методов и т.д. Все это полностью соответствует истинности утверждения: «эксперимент – теория – практика».

В целом, как показывает практика, от мощности и уровня аэродинамической экспериментальной базы зависит проведение необходимого объёма наземных исследований, продолжительность разработки и, в конечном счёте, качество вновь созданных летательных аппаратов с учётом экономических показателей.

Кроме того, проведение необходимого объёма наземных испытаний в аэродинамических трубах позволяет сократить затраты на дорогостоящие лётные испытания и доработку изделий в процессе их производства и эксплуатации.

Аэродинамические экспериментальные исследования выполняются в развитых странах мира в большом объёме. В настоящее время в мире насчитывается около 1300 аэродинамических труб различного назначения, некоторые из которых представлены в таблице 6. В Украине в ОКБ, в профильных подразделениях НАН Украины и университетах в эксплуатации находится порядка 10 аэродинамических труб, из них 4 в Национальном аэродинамическом университете «ХАИ» (табл. 6).

Как известно, Харьковский авиационный институт своей организацией в 1930 во многом обязан кафедре аэрогидродинамики и аэрогидродинамиче-

ской и газодинамической лабораториям, созданных и развитых академиком Г. Ф. Проскурой [6] в интересах обеспечения запросов промышленных предприятий. Кроме этого, значительным был вклад Георгия Федоровича в формирование творческих коллективов кафедры конструкции самолётов и авиаторных лабораторий. Влияние Г. Ф. Проскуры на развитие научных исследований в ХАИ в 30-х годах было решающим.

Кафедра поддерживает и развивает научные и творческие связи с национальными и зарубежными научными заведениями. Лабораторно-экспериментальная база кафедры аэрогидродинамики кафедры нашего университета, по независимым экспертным оценкам, в полной мере соответствует техническому уровню и методическому обеспечению аналогичных лабораторий известных зарубежных аэрокосмических центров и профильных университетов [7] (табл. 5 – 6). Причём, развитой экспериментальной базой не только аэродинамики и газовой динамики, но и прочности, акустики обладают практически все страны Европейского Союза (Англия, Бельгия, Германия, Италия, Испания, Нидерланды, Франция, Швейцария, Швеция), но также США и Канада. Предприятия аэрокосмического комплекса и профильные университеты этих стран оснащены оборудованием и комплексами для исследований в области аэродинамики дозвуковых, сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростей. Интересно отметить, что бюджетное финансирование акустической лаборатории Королевского университета (Стокгольм, Швеция) превышает бюджетное финансирование нашего вуза более чем в два раза, а также эта лаборатория имеет тесное хозяйственное научно-техническое сотрудничество с ведущими авиационными и автомобильными фирмами Европы! Хотя наша лаборатория акустики с уникальной и аттестованной госстандартом Украины шумозаглушенной камерой имеет более широкий спектр применения за счёт возможности использования струйных потоков. Однако развитие и совершенствование элементной базы комплекса практически невозможно в связи с весьма ограниченным, а зачастую, и отсутствующим бюджетным финансированием научных проектов фундаментальных исследований, исключая формирование необходимого штатного расписания лабораторий.

Однако, в связи с бурным развитием компьютерной техники, в аэрогазодинамике летательных аппаратов и транспортных средств все большее значение приобретает вычислительный эксперимент, результаты которого как правило подтверждают данные физического эксперимента.

Все аэродинамические трубы комплекса (рис. 5 – 6) укомплектованы 6-ти компонентными автома-

Таблица 5

Технические характеристики аэродинамических труб зарубежных авиационных фирм

№ п/п	Место расположения	Тип	Диапазон скоростей	Габариты рабочей части	Примечания
1	NPI (Теддингтон) /Англия	Баллонная	$M=1,5 \div 3$	0,31 x 0,1м	Периодического действия
2	DFVLR (DLV). /Германия	Баллонная	$M=1,5 \div 6,5$	горизонтальная – 0,3 x 0,3 м (закрытая)	30÷60 с
3	NAE (Оттава) /Канада	Баллонная	№ 1 – $M = 0,2 \div 4,5$ № 2 – $M = 0,5 \div 0,75$	№1 – 1,52x1,52м; №2 – 0,38 x 1,52 м; длина – 5,5м	№ 1 – 20 с № 2 – 5÷60 с

Таблица 6

Технические характеристики аэродинамических труб Украины

№ п/п	Место расположения	Тип	Диапазон скоростей	Габариты рабочей части	Примечания
1	Т-6 (Харьков, ХАИ)/Украина	Баллонная	$M = 0,2 \div 4,5$	0,6 x 0,6 м (закрытая)	300÷900 с
2	Т-4 (Харьков, ХАИ)/Украина	Непрерывного действия	$M = 0,2 \div 0,5$	$D = 1,5$ м; длина – 2,2 м	
3	ТАД-1 (Киев, НАУ)/Украина	Непрерывного действия	72,5 м/с	4x4x10,5 м	
4	ГП «Антонов (Киев)/Украина	Непрерывного действия	10 – 70 м/с	эллипс: 4,05 x 2,23 м, длина 4,0 м	Замкнутого типа с открытой рабочей частью

тизированными весами, снабжены современной компьютерной техникой и обеспечены авторскими программными продуктами с целью проведения качественного эксперимента в режиме реального времени

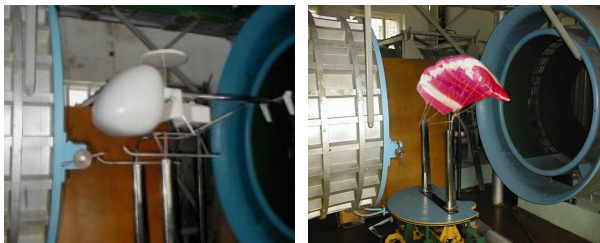


Рис. 5. Аэродинамическая труба дозвуковых скоростей Т-4



Рис. 6. Сверхзвуковая аэродинамическая труба Т-6

## 2.2. Результаты научной деятельности

Поскольку образование и наука неразделимы, то целесообразно показать те результаты, которые достигнуты в процессе её творческой деятельности.

Учебная работа и научная деятельность кафедры, её существующий творческий потенциал обеспечили организацию и проведение Международных научных конференций «Аэродинамика: проблемы и перспективы» (Харьков, 2004, 2006, 2009), участие в которых приняли ведущие учёные и специалисты НАН Украины, РАН, профильных высших учебных заведений. По приглашению руководства Института телекоммуникационного и глобального информационного пространства НАН Украины (Киев) на научном совете этого института была проведена презентация полученных фундаментальных научных результатов по направлению «Аэрогидродинамика и аэроакустика: проблемы и перспективы», где проиллюстрированы возможности решения широкого спектра насущных и востребованных задач механики окружающей среды, транспортных средств всех типов на основе идеологий и методов, созданных учёными кафедры, а также на базе аэродинамического комплекса Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». Однако, в настоящее время отсутствие даже «скромного» штатного расписания не позволяет выполнять достойные и необходимые экспериментальные исследования, востребованные аэрокосмическими предприятиями и оборонным комплексом Украины, что



подтверждается подписанным «Меморандумом и сотрудничеством» между Национальным аэрокосмическим университетом им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» и Государственным концерном «Укроборонпром».

Отдельно необходимо подчеркнуть высокий уровень научных работ аспирантов и соискателей кафедры, представляемых на молодёжных научных форумах: Всеукраинская научная конференция молодых учёных и студентов по дифференциальным уравнениям и их применению, посвящённая 100 – летию юбилею Я. Б. Лопатинского (Донецк: ДонНУ, 2006 г.); Международные молодёжные научно-практические конференции «Человек и космос» (Днепропетровск); Международная конференция молодых математиков (Институт математики НАН Украины, Киев, 2015 г.); Международная научная конференция «Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу» (ДНУ, м. Дніпропетровськ); Международные научно-техн. конференции «Проблемы создания и обеспечения жизненного цикла авиационной техники» (ХАИ, Харьков) др. Некоторые результаты этой научной деятельности представлены ниже.

На протяжении многих лет для предприятий как аэрокосмического комплекса, так и других отраслей промышленности, при наличии развитой экспериментальной базы и компьютерных технологий теоретических исследований, а также коллектива высококвалифицированных учёных и специалистов, выполняются фундаментальные и прикладные аэродинамические исследования в широком диапазоне изменения физических характеристик среды и геометрических параметров исследуемых объектов, в том числе:

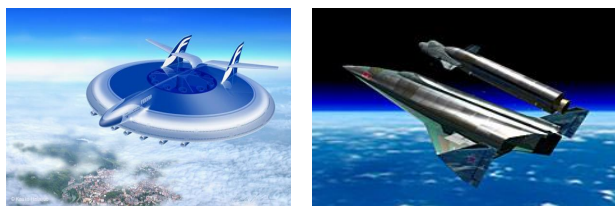


Рис. 7. Перспективные летательные аппараты

- формирование облика и выбор рациональных параметров летательных аппаратов различного назначения на основе исследования аэрогазодинамических характеристик, в том числе воздушно-космических систем в широком диапазоне параметров подобия с сопутствующим расчётом и анализом траекторий, вариантов разделения ступеней, энергетического обеспечения и безопасности;



Рис. 8. Вихревой спутный поток современного самолета

- исследование физических процессов вихреобразования в спутных потоках и их влияния на аэродинамические и акустические характеристики летательных аппаратов;

- прогнозирование рассеивания загрязняющих веществ от потенциальных выбросов во время взлёта авиационного транспорта. Подобные исследования могут быть использованы при проектировании новых и модернизации уже существующих аэропортов и прилегающих районов;

- исследование гидродинамических явлений в технологических и нанотехнологических процессах;

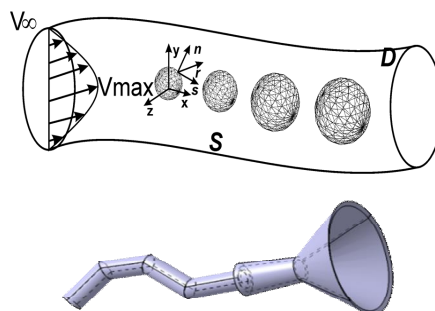


Рис. 9. Течения вязких сред в трубах и каналах сложной пространственной конфигурации при наличии включений любой природы

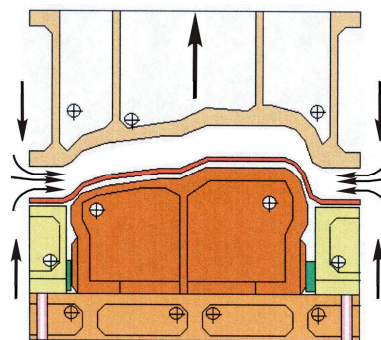


Рис. 10. Аэродинамика высокоскоростной обработки

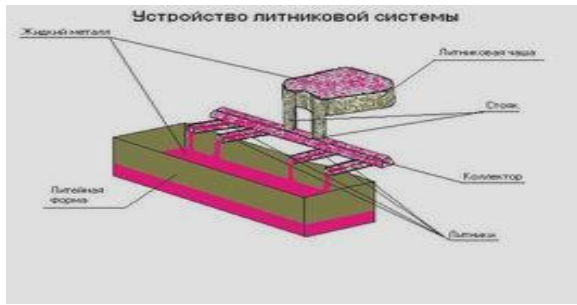


Рис. 11. Гидродинамика литейных процессов

- разработка математического обеспечения по техническим условиям заказчика и проведение расчётных исследований по аэродинамической отработке летательных аппаратов;
- испытание аэродинамических моделей в трубах в сочетании с комплексом физических и теоретических исследований;

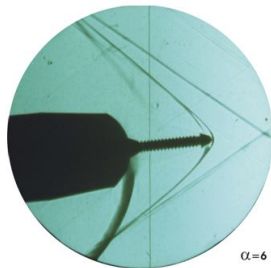


Рис. 12. Визуализация картины сверхзвукового обтекания

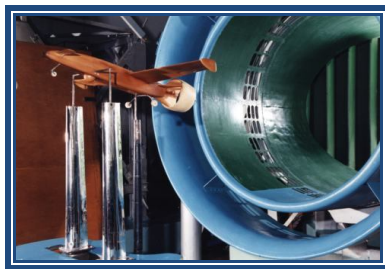


Рис. 13. Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик модели самолёта в аэротрубе Т-4

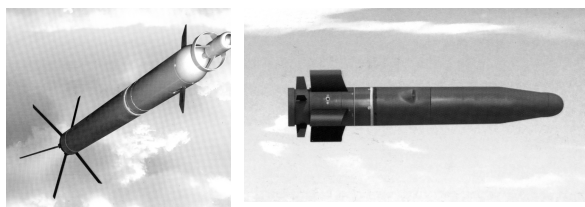


Рис. 14. Аэродинамические тормозные системы летательных аппаратов

- разработка методов энергетического увеличения подъёмной силы летательных аппаратов;

- теоретическое исследование аэродинамических, теплообменных и траекторных характеристик аэрокосмических систем многоразового использования;
- аэродинамические испытания ветросиловых устройств по преобразованию энергии ветра в другие виды энергии;

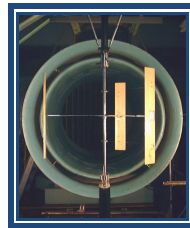


Рис. 15. Исследование аэродинамических характеристик ВОВД в аэротрубе Т-3 ХАИ



Рис.16. Промышленный образец ВОВД ХАИ

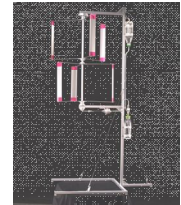


Рис. 17. Экспериментальная модель двухъярусного ВОВД

- экспериментальные аэродинамические испытания макетов зданий, микрорайонов и инженерных сооружений;

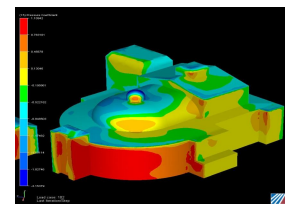


Рис. 18. Аэродинамические исследования модели Одесского Национального оперного театра

- экспериментальные исследования по аэродинамике наземного транспорта (автомобили, тепловозы, высокоскоростные поезда на магнитной подвеске);



а



б



в

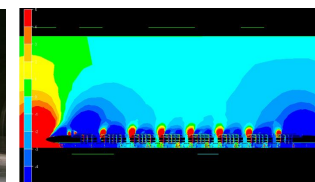


Рис. 19. Исследование аэродинамических характеристик транспортных средств: а – транспортное средство на магнитной подвеске; б – автомобиль; в – высокоскоростной ж/д состав

- акустические исследования аэрокосмических, авиационных, бытовых приборов и промышленно-строительных сооружений.



Рис. 20. Исследование акустических характеристик хвостового оперения самолета ХА3 - 30

В аэродинамических лабораториях кафедры существенные результаты за этот период достигнуты при систематических испытаниях в следующих направлениях:

- определение суммарных и распределённых нагрузок, действующих на модели летательного аппарата и их элементы на малых и больших дозвуковых, трансзвуковых и сверхзвуковых скоростях;
- исследование влияния земли на аэродинамические характеристики летательного аппарата;
- исследование разделения самолёта носителя и транспортируемого груза;
- исследование интерференции частей самолёта;
- исследование аэродинамических характеристик органов управления летательных аппаратов различного назначения;
- определение аэродинамических характеристик парашютных систем на больших дозвуковых и сверхзвуковых скоростях;
- исследование газодинамических характеристик воздухозаборников летательных аппаратов;
- исследование пульсаций в кавернах при сверхзвуковых скоростях полёта;
- определение взлётно-посадочных характеристик летательных аппаратов при наличии отклонения струи газов ТРД и МВГ при обдуве несущих поверхностей и реверсе тяги;
- исследование устойчивости и управляемости летательных аппаратов, транспортирующих груз на внешней подвеске;
- определение аэродинамических характеристик крыльев, имеющих системы сдува и отсоса пограничного слоя;
- разработка аппаратов вертикального взлёта и посадки, использующих энергетические системы увеличения подъёмной силы;
- создание аппаратов на воздушной подушке;
- исследование аэродинамических форм для обычного и высокоскоростного транспорта (тепловозы, автомобили, велосипеды, подводные аппараты, экипажи на магнитной и воздушной подвеске);
- создание стационарных и аэродромных глу-

шителей шума от реактивных двигателей самолёта;

- создание ветродвигателей с вертикальной осью вращения т.д.

Уникальные результаты достигаются применением оптических исследований обтекания тел воздушным потоком, проводимые теневым методом Теплера, что позволяет получить визуализацию распределения линий тока, скачков уплотнения и других характерных особенностей процессов обтекания (см., например, рис. 12).

Многие из этих результатов были получены впервые на Украине и в СССР и значительная часть реализована при проектировании новой авиационной, ракетной и космической техники и в области общего машиностроения. Во многом все это было обеспечено и развито нашими выдающимися выпускниками, связавшими свою деятельность с аэрогидродинамикой. Среди них можно выделить А. С. Гиневского – д-ра техн. наук, профессора, главного научного сотрудника ЦАГИ им. проф. Н. Е. Жуковского, заслуженного деятеля науки Российской Федерации; И. Е. Тарапова – д-ра физ.-мат. наук, профессора, ректора ХГУ; И. Т. Селезова – д-ра физ.-мат. наук, профессора, зав. отделом гидродинамики волновых процессов ИГМ НАН Украины, Лауреата государственной премии Украины в области науки и техники, Заслуженного деятеля науки и техники Украины; В. П. Пустовойтова – д-ра техн. наук, профессора, главного специалиста отделения аэродинамики ГП «Антонов»; Н. Д. Копачевского – д-ра физ.-мат. наук, профессора, зав. кафедрой математического анализа Таврического национального университета им. В. И. Вернадского, Заслуженного деятеля науки и техники Украины, Заслуженного работника образования Автономной Республики Крым, Лауреата Премии им. В. И. Вернадского, члена Национального Комитета Украины по теоретической и прикладной механике; В. А. Кудрявцева – заместителя генерального конструктора, начальника отделения аэродинамики ГП «Антонов»; П. А. Яковенко – главного конструктора ГП «ККБ «Луч»», В. В. Тюрева – д-ра техн. наук, профессора каф. аэрогидродинамики ХАИ; Ю. А. Крашаницу – д-ра техн. наук, профессора, зав. кафедрой: основ высшей математики (1990-1998 гг.), аэрогидродинамики (2000–2008 гг.), Отличник образования Украины, гл. научный сотрудник; А. А. Желтоводова – канд. техн. наук, ст. научн. сотр. ИТПМ им С. А. Христиановича СО РАН и мн. др.

Как сам аэродинамический комплекс нашего университета, так и, особенно, полученные результаты привлекают внимание и заинтересованность в сотрудничестве учёных и специалистов как Украины, так и ближнего и дальнего зарубежья (рис. 21 - 23).





Рис. 21. Делегация украинских учёных



Рис. 24. Заместитель министра М. Ф. Степко знакомится с экспериментальной базой кафедры



Рис. 22. Делегация учёных из профильных университетов США



Рис. 25. Президент Украины (1994 – 2005 гг.) Л. Д. Кучма высоко оценил научно-промышленный потенциал комплекса

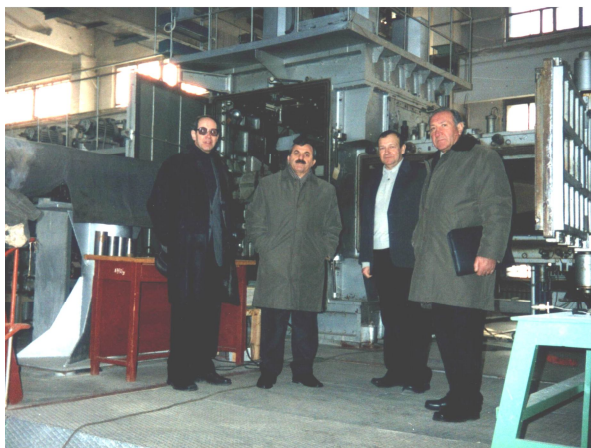


Рис. 23. Делегация руководителей тбилисского авиационного университета во главе с ректором, профессором С. Тепнадзе

Развитию и совершенствованию экспериментальных исследований на базе аэродинамического комплекса нашего университета уделяют должное внимание руководители профильного министерства и государства.

На базе экспериментальных исследований, на кафедре развиваются теоретические и численные методы расчёта перспективной авиационной и ракетно-космической техники. Эти расчётные методы, методы пересчёта от прототипа, по которому имеется экспериментальный материал, создают фундамент для достаточно достоверного широкого просмотра большого числа вариантов и для поиска и отбора лучшего из них. Кроме того, помимо фундаментальных экспериментальных исследований в формировании облика летательного аппарата нового поколения их аэродинамики, прочности и динамики, большую роль последние 15-20 лет стали играть расчётные методы и методы моделирования с использованием ЭВМ. На основе имеющейся базы данных учёными кафедры были созданы как для дозвуковых, так и для сверхзвуковых режимов, надёжные программы и комплексы расчёта аэродинамических характеристик крыльев, фюзеляжей, опе-

рения и всей компоновки самолёта в целом. Сейчас, они выделились в отдельную ветвь аэродинамики, называемую вычислительной аэродинамикой.

За годы независимости Украины этот уникальный аэродинамический комплекс полностью обеспечивает нужды авиационных и ракетных КБ по аэродинамической проработке вновь проектируемых летательных аппаратов, а результаты его деятельности – весомое научное достояние Украины и её гордость [8]. Именно поэтому в 1999 году аэродинамический комплекс Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт» одним из первых был удостоен статуса Национального научного достояния Украины.

Творческая деятельность и результаты исследований профессорско-преподавательского и научно-технического состава кафедры активно представляются на профильных научных форумах и научно-технических конференциях, обеспечили успешную организацию и проведение весьма представительных Международных научных конференций «Аэродинамика: проблемы и перспективы».

### Выводы

Таким образом, в Национальном аэрокосмическом университете им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт» на базе широкого спектра как фундаментальных, так и экспериментальных научных исследований осуществлена реальная возможность построения современного учебного процесса подготовки и переподготовки специалистов, в том числе высшей квалификации, по механике жидкости и газа, аэродинамике и газодинамике летательных аппаратов, динамике полёта, безопасной эксплуатации аэрокосмической техники и авиации общего назначения, а также исследованию газогидродинамических явлений в технологических процессах. Наверное, процесс повышения квалификации специалистов отрасли целесообразно проводить по предложениям профильных предприятий на их базе по согласованным программам выбранных дисциплин. Кроме этого, требует особого внимания построение учебного процесса подготовки специалистов высшей квалификации через аспирантуру и докторантуру. Ведь в недавнем прошлом аспиранты проходили плановый учебный процесс по таким, например, базовым для нашего вуза дисциплинам как механика жидкости, газа и плазмы, механика деформируемого твёрдого тела, дискретная и вычислительная математика. В настоящее время расширение и углубление знаний соискателей учёных степеней до уровня достаточного для создания диссертационной работы в лучшем случае обеспе-

чивает научный руководитель или консультант, что, конечно, далеко недостаточно. Однако обучение студентов и аспирантов дальнего зарубежья по специализациям и научным направлениям кафедры аэрогидродинамики в значительной степени обеспечивает материально-финансовое состояние нашего университета.

Что же касается научно-технического сотрудничества с профильными организациями аэрокосмической отрасли, несмотря на весьма «радужные» перспективы, оставляет желать лучшего. Получение международных грантов по научно-техническим направлениям кафедры в значительной степени может быть обеспечено участием наших сотрудников в профильных научных форумах, которые хорошо известны и их вполне достаточно (ИСТАМ, ECCOMAS и т.д.), с презентацией результатов, многие из которых упомянуты выше, а также публикацией результатов в зарубежных изданиях высокого уровня. Однако этот успешный процесс в силу непреодолимых финансовых трудностей сегодня представляется бесперспективным, поскольку за последние годы государственное финансирование науки сократилось более чем в двадцать раз [9].

Особо следует отметить, что в связи с важностью вопросов методического обеспечения проектно-конструкторских работ по созданию новых изделий авиационной и ракетно-космической техники, транспортных средств и промышленных сооружений необходимо существенно повысить уровень подготовки выпускников соответствующих специальностей по аэродинамическому и энергобаллистическому проектированию, вопросам конструкции, прочности и аэроупругости, а также по оптимизации выбора проектных параметров аэродинамического облика разрабатываемых изделий.

И последнее. В сложившихся условиях кафедра аэрогидродинамики как базовая и фундаментальная кафедра Харьковского авиационного института должна быть «выпускающей». Только в этом случае можно уверенно говорить о качественной подготовке специалистов всех уровней, которые смогут обеспечить существование и развитие аэрокосмической отрасли.

### Литература

1. Крашаница, Ю. А. Н. Е. Жуковский – аэрогидродинамика и динамика полёта, теория и практика, наследие, развитие и перспективы [Текст] / Ю. А. Крашаница // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2012. – № 5/92. – С. 5 – 10.
2. USA, University of Arizona, Department of A&ME [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ame.arizona.edu/>. – 12.06.2016.



3. *Deutschland, Universität Stuttgart* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uni-stuttgart.de>. – 12.06.2016.

4. *China, Peking University* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://english.pku.edu.cn>. – 12.06.2016.

5. Крашаница, Ю. А. *Векторно-тензорный анализ, теория потенциала и метод граничных интегральных уравнений в начально-краевых задачах аэрогидродинамики* [Текст] / Ю. А. Крашаница. – К.: «Наукова думка», 2016. – 273 с.

6. Амброжевич, А. В. *Георгий Федорович Проскура* [Текст] / А. В. Амброжевич, Ю. А. Крашаница // *Авиационно-космическая техника и технологи*. – 2016. – № 2/28. – С. 10-16.

7. *Экспериментальное оборудование научно-исследовательских центров и организаций Западной Европы и Канады* [Текст] // ЦАГИ, ОНТИ. – 1984. – № 638. – 119 с.

8. *Аэрогидродинамика в Харьковском авиационном институте им. Н. Е. Жуковского – 75 лет* [Текст] / Ю. А. Крашаница, В. С. Кривцов и др. // *Аэрогидродинамика: проблемы и перспективы* : сб. ст. – Х. : ХАИ, 2004. – С. 5-12.

9. Тарапов, И. Е. *Интеллектуальный труд, наука и образование. Кризис в Украине* [Текст] / И. Е. Тарапов. – Х. : Тимченко, 2008. – 512 с.

2. *USA, University of Arizona, Department of A&ME*. Available at: <http://ame.arizona.edu/> (Accessed 12.06.2016).

3. *Deutschland, Universität Stuttgart*. Available at: <http://www.uni-stuttgart.de> (Accessed 12.06.2016).

4. *China, Peking University*. Available at: <http://english.pku.edu.cn> (Accessed 12.06.2016).

5. Krashanitsa, Y. A. *Vektorno-tenzornyj analiz, teorija potentsiala i metod granichnykh integral'nykh uravnenij v nachal'no-kraevykh zadachah ajerogidrodinamiki* [Vector and tensor analysis and differential forms, potential theory and the method of boundary integral equations in the initial-boundary value problems of gas and fluid mechanics]. Kiev, «Naukova dumka» Publ., 2016. 273 p.

6. Ambrozhevich, A. V., Krashanitsa, Y. A. *Georgij Fedorovich Proskura* [Georgy Fedorovich Proskura]. *Aviacionno-kosmichna tehnika i tehnologia - Aerospace technic and technology*, no. 2/28, 2006, pp. 10-16.

7. *Jeksperimental'noe oborudovanie nauchno-issledovatel'skih centrov i organizacij Zapadnoj Evropy i Kanady* [Experimental equipment of research centers and organizations in Western Europe and Canada]. *TsAGI, ONTI*, no. 638, 1984. 119 p.

8. Krivtsov, V. S., Krashanitsa, Y. A. i dr. *Ajerogidrodinamika v Har'kovskom aviacionnom institute im. N. E. Zhukovskogo – 75 let* [Aerohydrodynamics at the Kharkiv Aviation Institute - 75 years]. *Ajerogidrodinamika: problemy i perspektivy : sbornik statej – Arohydrodynamics: Problems and Perspectives*. *Sat. Articles*. Kharkov, Khai Publ., 2004, pp. 5-12.

9. Tarapov, I. E. *Intellectual'nyj trud, nauka i obrazovanie. Krizis v Ukraine* [Intellectual work, science and education. The crisis in Ukraine]. Kharkov, Timchenko Publ., 2008. 512 p.

## References

1. Krashanitsa, Y. A. N. E. Zhukovskij - ajerogidrodinamika i dinamika poljota, teorija i praktika, nasledie, razvitie i perspektivy [N. Zhukovsky - Aerohydrodynamics and Flight Dynamics, Theory and Practice, Heritage, Development and Prospects]. *Aviacionno-kosmichna tehnika i tehnologia - Aerospace technic and technology*, no. 5/92, 2012, pp. 5 - 10.

Поступила в редакцию 25.04.2017, рассмотрена на редколлегии 7.06.2017

## ЩОДО ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ АВІАКОСМІЧНОЇ ГАЛУЗІ У НАЦІОНАЛЬНОМУ АЕРОКОСМІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ІМ. М. Є. ЖУКОВСЬКОГО «ХАІ»

**О. В. Амброжевич, С. О. Ищенко, І. Ф. Кравченко, Ю. О. Крашаница,  
В. О. Кудрявцев, Б. В. Лупкин, В. М. Павленко, П. О. Яковенко**

Представлено структури і порівняльний аналіз програм і курсів фундаментальної підготовки фахівців для аерокосмічної галузі в США, Німеччині, Китаї та ХАІ. Предметно описано навчально-лабораторну базу кафедри аерогідродинаміки Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» і приведено інформацію про науково-експериментальні бази аеродинамічних комплексів України і провідних організацій Північної Америки і Західної Європи. Показано деякі основні результати теоретичних і експериментальних досліджень професорсько-викладацького складу і науково-технічних співробітників кафедри аерогідродинаміки Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»

**Ключові слова:** підготовка фахівців, аерокосмічна галузь, аналіз програм підготовки, фундаментальні дисципліни, навчально-лабораторна база, аеродинамічні комплекси, результати досліджень.

**ABOUT THE FUNDAMENTAL TRAINING OF SPECIALISTS  
OF THE AIR-SCIENTIFIC INDUSTRY  
AT THE NATIONAL AEROSPACE UNIVERSITY «KHAИ»**

*A. V. Ambrozovich, S. A. Ischenko, I. F. Kravchenko, Y. A. Krashanytsya,  
V. A. Kudryavtsev, B. V. Lupkin, V. N. Pavlenko, P. A. Yakovenko*

The structures and comparative analysis of programs and courses of fundamental training of specialists for the aerospace industry in the USA, Germany, China and KhAI are presented. The instructional-laboratory base of the department of aerohydrodynamics of the National Aerospace University «KhAI» is described in detail and provides information on the scientific and experimental bases of aerodynamic complexes in Ukraine and leading organizations in North America and Western Europe. Some basic results of theoretical and experimental research of the faculty and scientific and technical staff of the Department of aerohydrodynamics of the National Aerospace University «KhAI».

**Keywords:** training of specialists, aerospace industry, analysis of training programs, fundamental disciplines, training and laboratory facilities, aerodynamic complexes, research results.

**Амброжевич Александр Владимирович** – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры конструкций и проектирования ракетной техники, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

**Ищенко Сергей Александрович** – д-р техн. наук, профессор, зав. каф. аэродинамики и безопасности полетов, Национальный авиационный университет, Киев, Украина;

**Кравченко Игорь Федорович** - д-р техн. наук, Руководитель предприятия - Генеральный конструктор ГП «Ивченко – Прогресс», Запорожье, Украина.

**Крашаница Юрий Александрович** – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры аэрогидродинамики, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: u.krashanitsa@khai.edu.

**Кудрявцев Владимир Александрович** – заместитель Генерального конструктора, начальник отделения аэродинамики ГП «Антонов», Киев, Украина;

**Лупкин Борис Владимирович** – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии производства летательных аппаратов, Харьков, Украина.

**Павленко Виталий Николаевич** - д-р техн. наук, проректор по научно-педагогической работе, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

**Яковенко Петр Алексеевич** – Главный конструктор - начальник проектно-конструкторского отдела ДП «Гос ККБ «Луч», Киев, Украина.

**Ambrozhevich Alexander Vladimirovich** – doctor of technical sciences. Sci., Professor of the Department of Design and Design of Missile Technology, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkov, Ukraine.

**Ischenko Sergey Aleksandrovich** – doctor of technical sciences. Sciences, Professor, Head of Department. Aerodynamics and safety, National Aviation University, Kiev, Ukraine.

**Kravchenko Igor Fedorovich** – doctor of technical sciences. Sciences, Head of the enterprise - General Designer of the State Enterprise "Ivchenko-Progress", Zaporozhye, Ukraine.

**Krashanitsa Yuri Alexandrovich** – doctor of technical sciences. Sci., Professor of the Department of Aerohydrodynamics, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkov, Ukraine, e-mail: u.krashanitsa@khai.edu.

**Kudryavtsev Vladimir Alexandrovich** – Deputy General Designer, Head of the Department of Aerodynamics of the State Enterprise "Antonov", Kiev, Ukraine.

**Lupkin Boris Vladimirovich** - doctor of technical sciences. Sci., Professor, Department of aircraft production technology, Kharkov, Ukraine.

**Pavlenko Vitaliy Nikolaevich** – Dr. Tech. Sci., Professor, vice-rector for scientific and pedagogical work, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkov, Ukraine.

**Yakovenko Peter Alekseevich** – The chief designer – the head of the design department of the State Enterprise "KDB" Luch ", Kiev, Ukraine.