*metodicheskaya sistema podgotovki po fizike budushchikh uchiteley estestvennonauchnykh distsiplin*]. Moscow: Karpov E. V.
5. Petrova, L. S. (2018). Implementation of the method of educational design in the process of teaching special sections of mathematics to students of technical training directions [*Realizatsiya metoda uchebnogo proektirovaniya v protsesse obucheniya spetsial'nym razdelam matematiki studentov tekhnicheskikh napravleniy podgotovki*]. Continuum. Mathematics. Computer science. Education. Vol. 3. Pp. 113-117.
6. Popkov, V. A., Korzhuev, A.V. (2004). Didactics of higher school: textbook [*Didaktika vysshey shkoly: uchebnoe posobie*]. Moscow: publishing center "Academy".
7. Pushkareva, T. P. (2013). On the implementation of didactic principles of teaching mathematics to students of the natural science direction of a pedagogical University [*O realizatsii didakticheskikh printsipov obucheniya matematike studentov estestvennonauchnogo napravleniya pedagogicheskogo vuza*]. Open education. Vol. 3 (98). Pp. 20-26.
8. Selevko, G. K. (2005). Pedagogical technologies on the basis of activation, intensification of effective management of UWP [*Pedagogicheskie tekhnologii na osnove aktivatsii, intensifikatsii effektivnogo upravleniya UWP*]. Moscow: Research Institute of school technologies.

УДК 378.147

# О СОЕДИНЕНИИ УЧЕБНОГО И НАУЧНОГО ПРОЦЕССОВ В МАИ

**Артур Агафонович Пунтус**
к.ф.-м.н., профессор
artpuntus@yandex.ru
г. Москва
Московский авиационный институт

**Алексей Иванович Федюшкин**
к.ф.-м.н.
fail@ipmnet.ru
г. Москва
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

**Аннотация.** Опыт реализации процесса активного взаимодействия учебного и научного процессов в институте № 8 «Информационные технологии и прикладная математика» Московского авиационного института во взаимодействии с лабораторией «Механики сложных жидкостей» Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН показал, что кооперации вуза и сотрудников академических институтов играет существенную роль при подготовке специалистов в области прикладной математики, приводятся примеры результата активного привлечения студентов в процессе обучения в высшей школе к научно-исследовательской работе, что способствует подготовке высококвалифицированных специалистов на основе соединения учебного и научного процессов обучения студентов. Основной целью такого соединения данных процессов является привитие будущим инженерам навыков научного подхода к решаемым инженерным задачам. Каждый из таких студентов подключаясь к научно-исследовательской работе, достигает заметных успехов в учёбе и научной деятельности. Он принимает активное участие в различных конкурсах, олимпиадах, выполняет творческую научную работу под руководством преподавателя или научного сотрудника кафедры, часто при активной консультации со стороны сотрудника указанного института, участвует с докладами на различных конференциях, готовит научные публикации и в итоге становится квалифицированным творческим специалистом и в том числе аспирантом института.

**Ключевые слова:** прикладная вычислительная математика, соединение учебного и научного процессов, навыки решения инженерных проблем, творческий процесс.

***Работа выполнена при финансовой поддержке государственной программы (№ АААА-А20-120011690131-7)***

Задача совершенствования подготовки высококвалифицированных специалистов в вузе является, как традиционно актуальной задачей, так и особенно актуальной задачей в настоящее время – время активного развития научно–технического прогресса. Решению данной проблемы способствует развитие и совершенствование различных форм подготовки высококвалифицированных специалистов на основе соединения учебного и научного процессов обучения студентов [1-6]. Важная основополагающая роль при этом состоит в определении содержания взаимодействия данных процессов и одновременно определения его конечной цели [2; 3; 6]. Вне всякого сомнения, если поставить конечной целью данного взаимодействия задачу воспитания из подавляющего большинства студентов потенциальных квалифицированных инженерно-технических и научных сотрудников, то эта цель в полном объёме может оказаться не реализуемой. Но, с другой стороны, даже сомнение в необходимости привлечения студентов к различным видам выполнения самостоятельной творческой научно–исследовательской деятельности безусловно может нанести в этом случае совершенно непоправимый вред качеству подготовки будущих специалистов.

Опыт реализации процесса активного взаимодействия учебного и научного процессов в институте № 8 «Информационные технологии и прикладная математика» Московского авиационного института во взаимодействии с лабораторией «Механики сложных жидкостей» Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН (ИПМех РАН) в области вычислительной гидродинамики и тепло-массообмена показан в работах [4-6]. Основной целью данного взаимодействия учебной и научной деятельности при подготовке специалистов в вузе является привитие студентам навыков самостоятельного научного подхода к решаемым инженерным задачам. Примеры некоторых решенных задачах студентами МАИ на базе ИПМех РАН можно найти в работах [7-20]. Наряду с совершенствованием учебного процесса весьма эффективным средством улучшения качества подготовки специалистов стало широкое привлечение студентов, в том числе на основе отмеченного сотрудничества, к творческой деятельности – научно–исследовательской работе студентов (НИРС) [1,4]. Этой цели и подчинены различные формы соединения учебного и научного процессов. Участвуя в НИРС, будущий специалист убеждается в необходимости самостоятельного поиска путей постановки и решения задач, приобретает навыки творчества. Нормой его поведения становится осознанное отношение к активной трудовой деятельности, что обеспечивает его готовность к самостоятельной профессиональной деятельности.

На современном этапе развития НИРС, многообразии её форм и методов термин НИРС стал собирательным. Он включает в себя самые различные стороны учебной, научной, воспитательной и организационной деятельности вуза, которая обеспечивает:

- условия успешного овладения студентами своей специальностью;
- подготовку студентов к самостоятельной творческой деятельности;
- развитие навыков использования полученных знаний в практической работе;
- формирование потребности и умения постоянно накапливать и совершенствовать знания;
- расширение научно-технического кругозора;

– воспитание всесторонне развитой личности.

Для реализации данных положений необходимо постоянно увеличивать сложность и объём знаний, умений и навыков, приобретаемых студентами в учебное и внеучебное время, обеспечивать преемственность методов и форм подготовки специалистов при переходе от одних знаний к другим, от курса к курсу. Решить вопросы совершенствования творческой подготовки студентов можно только на основе всё большего соединения НИРС с учебным процессом, когда НИРС становится его полноправной формой, а учебный процесс, в свою очередь, помогает решать научно-технические, производственные и общественно–воспитательные задачи вуза.

Важным фактором взаимодействия учебного и научного процессов является выполнение студентами самостоятельных лабораторных и курсовых работ на базе научных исследований. Это наиболее удобная форма таких учебных занятий, которая позволяет включать в данные работы элементы исследовательской деятельности. Действительно, этому способствует то, что в результате определённых факторов творческого поиска лабораторные и курсовые работы дают возможность каждому студенту уже проявить себя в качестве исследователя. Соответствующие курсовые и лабораторные работы содержат различные виды учебно-исследовательского подхода к решению в каждой из них поставленной задачи, так как они содержат анализ состояния вопроса, затем проведения расчёта, обработки результатов и, в конечном итоге, работы по планированию, оформлению очередных этапов анализа и расчёта до получения окончательного результата. Для того, чтобы способствовать развитию у студентов в большей степени навыков в выполнении научно–исследовательской работы, то, как лабораторная, так и курсовая работы должны содержать и познавательную часть, что в значительной мере способствует лучшему усвоению соответствующего раздела курса. Эти работы должны также в определенной степени содержать исследовательскую часть, связанную, например, с обоснованным выбором для данной задачи вычислительного алгоритма с последующим выполнением её расчётной части. Желательно, чтобы курсовые и лабораторные работы базировались на соответствующей тематике и возможностях материальной части научных разработок коллектива кафедры. При выполнении таких лабораторных и курсовых работ студентам обязательно разъясняется цель соответствующих исследований и методика проведения в них расчётной части. Каждой группе студентов выдаётся задание, в котором учитываются индивидуальные склонности и интересы этих студентов, а также их научная работа на предшествующих младших учебных курсах. Кроме того, при выполнении заданий учебных лабораторных и курсовых работ каждому студенту в рамках выполнения студенческих научно–исследовательских работ задаются необходимые рекомендации по методике исследования с возможно определённой дополнительной информацией, касающейся соответствующих данных и свойств исследуемой системы, при этом могут указываться и возможности самостоятельного выбора её структуры и элементов. Студентам по соответственно лабораторным или курсовым работам могут выдаваться индивидуальные задания по тематике рекомендуемых творческих научных исследований с подбором возможно определённой дополнительной литературы. Выполняя по таким работам определённый объём необходимых исследований и расчётов, студенты имеют возможность в случае необходимости использовать консультации преподавателя по данной дисциплине или выделяемого с этой целью руководителя. В результате выполнения учебных лабораторных и курсовых работ, таким образом, не только закрепляются теоретические знания, но и приобретаются навыки выполнения самостоятельных научно–практических исследований. Такой опыт проведения учебно-исследовательских лабораторных и курсовых работ показал, что наиболее рационально, когда соответствующие отдельные работы выполняются в логической последовательности и объединяются в общий учебно-методический практикум с единым учебно-научным исследовательским заданием. Таким образом, в результате студенты оказываются вовлеченными в святая святых науки – «кухню» научных исследований. При этом одновременно студенты привлекаются не только к научно–

прикладным исследованиям, но и к подготовке докладов и выступлений на различных научных конференциях, а также к участию в подготовке научных публикаций.

Всегда полезно, чтобы проводились специальные семинары для студентов, на которых делали научные доклады не только студенты, но и опытные научные сотрудники и преподаватели. Эти доклады могут быть как реферативного плана, так и сообщениями по результатам выполненных или, в порядке соответствующего обсуждения, выполняемых научно–исследовательских работ. В результате взаимного обогащения идеями и задачами расширяются возможности содержания совместных научных исследований, повышается заинтересованность студентов участвовать в научных исследованиях, проводимых и по такой совместной тематике. В итоге этого взаимодействия более эффективным становится выполнение студентами содержательных и практически достаточно актуальных по своему научному или научно–прикладному уровню последующих научных докладов на конференциях, научных публикаций и завершающих обучение в институте дипломных работ. Современная область научно–практической деятельности требует подготовки специалистов высокой квалификации, владеющих методами решения сложных технических задач с помощью современных вычислительных устройств.

Особая важная роль принадлежит выполняемым студентами вычислительной и исследовательской практикам, которые входят в структуру учебного плана втуза. По данным практикам студентам выдаются задания, ориентированные на решение прикладных задач. В случае вычислительной практики студентам необходимо для решения таких задач провести математическое моделирование, затем выбрать необходимый численный метод, разработать вычислительный алгоритм и сформировать блок-схему программы. После этого необходимо реализовать программу вычисления с использованием вычислительной техники, проанализировать полученные результаты и сделать необходимые выводы. Задание исследовательской практики уже требует от студента помимо требований, предъявляемых к вычислительной практике, более глубокого подхода к исследованию полученной математической модели соответствующей прикладной задачи. Это требует не только её оптимальной программной реализации, но и анализа свойств данной модели с использованием физико-математического аппарата изученных фундаментальных дисциплин, таких как единственность, гладкость и устойчивость решений, сходимость и устойчивость применяемого вычислительного алгоритма, необходимые точность полученного результата, его значимость и т.п.

После завершения полного теоретического и практического курса обучения непосредственно перед выполнением дипломной работы проводится преддипломная практика. Роль преддипломной практики особенно высока, так как она играет важнейшую роль в формировании современного квалифицированного специалиста высокого уровня. В период преддипломной практики студенты приобретают опыт самостоятельной практической инженерно-технической деятельности, расширяют свой творческий научно–технический кругозор в области применения прикладных методов освоенных учебных дисциплин и современной вычислительной техники в конкретных инженерных задачах. В этот период студенты в большей степени самостоятельно подбирают и осваивают необходимый материал для выполнения дипломной работы. Основное направление работы студента на преддипломной практике, кроме задания на данную практику, определяется по содержанию и объёму темой дипломной работы, которая формируется перед её началом. Во время преддипломной практики студент изучает необходимую литературу и математические методы, необходимые для решения поставленной перед ним задачи. Он знакомится с математическими средствами, реализующими методы проектных и инженерно-технических расчётов, с программами для графических построений; знакомится с функционирующими системами математического обеспечения, со средствами проведения анализа этих систем и их возможной модернизации. В результате студент приобретает практические навыки и умения, которые определяются целями практики и соответствующей квалификационной характеристикой специальности подготовки, разрабатывает блок–схемы математического обеспечения, составляет и отлаживает сервисные программы и программные модули, входящие в пакет программ для поставленной задачи. В итоге составляет программы решения модельной задачи, позволяющие отработать алгоритм выбранного метода, отлаживает их и проводит расчёт с использованием вычислительной техники. Затем проводит предварительные расчёты на вычислительной технике, позволяющие выбрать оптимальный метод решения поставленной задачи. В итоге реализует с использованием вычислительной техники решение вспомогательной задачи, предшествующей основной задаче дипломной работы и творчески подбирает материалы, которые в дальнейшем используются в дипломной работе, проявляет и развивает исследовательские способности в решении поставленной задачи.

Изучая или выбирая метод решения поставленной задачи прикладного характера, студент знакомится как с отечественной, так и зарубежной литературой по данному вопросу, при этом он должен проанализировать достоинства и недостатки выбранного для решения поставленной задачи метода, сравнивая его с другими возможными методами решения задачи. Для реализации исследования поставленной задачи студенту необходимо использовать современные возможности и принципы создания математического обеспечения. Обязательным является построение во время преддипломной практики некоторого программного модуля для решения поставленной задачи и реализация его с использованием современной вычислительной техники.

Завершением всего периода обучения является выполнение студентом дипломной работы, основой которой является, как правило, реальная тематика института, включающая также завершение научных исследований, выполняемых в процессе обучения. Она представляет собой в большинстве случаев законченный творческий научно-исследовательский практический результат, составляющий основу некоторого реального законченного научно-технического исследования, научной статьи, конкурсной студенческой научно-исследовательской работы, и характеризуют студента – дипломника – выпускника института, как сложившегося квалифицированного специалиста, способного к самостоятельной научно-практической творческой деятельности. Пополнение рядов аспирантов, а, следовательно, в последующем преподавателей и сотрудников коллективов кафедр университета практически полностью обеспечивается его выпускниками.

Для подтверждения вышесказанного приводим примеры выпускных дипломных работ студентов в области вычислительной математики и тепломассообмена, которые успешно совмещали изучение учебного материала с активной научной творческой работой с младших курсов учёбы в институте. По результатам такой работы они участвовали с докладами на конференциях и успешно готовили научные публикации. Примером выполненных студентами научно-исследовательских работ могут служить дипломные работы, выполненные в МАИ студентами, участвующими в НИРС, и которые под совместным руководством авторов данной научной публикации, совмещали успешную учёбу с научно-исследовательской работой на базе ИПМех РАН [7-20].

Выпускная дипломная работа Подшипова П.М. посвящена численному моделированию конвективного течения двухфазной несжимаемой жидкости. Рассмотрена задача динамики нагреваемой газовой пленки в жидкости. В работе приводится математическая модель двухфазного процесса пленочного кипения на основе численного решения уравнений Навье-Стокса в приближении смеси и уравнения переноса объемной доли каждой фазы. Для определения границы раздела «газ-жидкость» использован метод VOF (Volume Of Fluid). Рассмотрено влияние краевых углов смачивания на процесс отрыва пузырька различных веществ при различных геометриях областей рассматриваемых случаев. Изучено движение пузырьков для двухфазных систем «жидкость-газ» с различными свойствами. Рассмотрено влияние числа Марангони на скорость отрыва пузырька водяного пара (то есть случай, когда пузырек пара нагревается неравномерно и возникает неоднородность поверхностного натяжения, приводящее к термокапиллярной конвекции). Проведен анализ числа Нуссельта на нагреваемой поверхности и влияния на его величину чисел Грасгофа, Марангони и площади касания пузырьков нагреваемой поверхности. В работе было продемонстрировано, что скорость течения двухфазной системы зависит от свойств жидкости, в частности, от плотности вещества, и что при одинаковых площадях соприкосновения газа с нагреваемой поверхностью несколько пузырьков отрываются от нагреваемой поверхности быстрее, чем один. Результаты расчетов подтвердили сильную зависимость числа Нуссельта от теплопроводности вещества, и то, что конвекция Марангони ускоряет процесс отрыва пузырька от нагреваемой поверхности и увеличивает значение числа Нуссельта. Показано, что в условиях невесомости за счёт термокапиллярной конвекции пузырек может изменять свою форму и структуру течения. Интенсивность этих изменений характеризуется числом Марангони. Результаты численного моделирования показали, что при увеличении значения ускорения силы тяжести в 10 раз (что возможно, например, при старте ракет или в центрифуге) после отрыва пузырька от нагреваемой поверхности происходит деление пузырька на более мелкие пузырьки. Проведено сравнение результатов численного моделирования для разных жидкостей при различных углах смачивания и площадях пленки.

Яремчук В.П. прошел стажировку в ИПМех РАН от студента 4 курса до аспиранта и защиты кандидатской диссертации [7]. Работа Королькова А.Ю. [8] была посвящена моделированию конвективных процессов в одно - и многофазных несмешивающихся жидкостях при постоянных и вибрационных воздействиях внешних сил для процессов выращивания кристаллов и для оптимизации теплообменных аппаратов.

В дипломной работе Иванова К.А. [9-13] проводилось численное моделирование гидродинамики течения расплава при вибрационном воздействии на жидкость в задачах обтекания плоской полубесконечной нагретой вибрирующей поперёк своей плоскости пластинки и методе выращивания кристаллов методом Чохральского при вибрации погруженного вибратора. Данное моделирование основано на численном решении полных двумерных уравнений Навье-Стокса для несжимаемой жидкости, выполненного с применением динамических сеток. При выполнении данной работы освоена система символьной математики maple и на её основе произведено решение упрощенной краевой задачи. Созданы модели и проведены численные расчёты методом контрольного объёма задач обтекания плоской нагретой вибрирующей поперек своей плоскости пластинки и выращивания кристаллов методом Чохральского [11, 13]. Проведён анализ негативных экологических факторов рабочего места программиста. В аналитической модели задачи Блазиуса с вибрациями, показано что с увеличением интенсивности вибрации. толщина температурного пограничного слоя уменьшается в среднем. Для разных значений определяющих параметров в методе Чохральского с помощью решения полных уравнений Навье-Стокса для несжимаемой жидкости показано влияние вибрационного воздействия на средние величины течения жидкости и температуры. Исследованы зависимости поля температур в квазистационарном режиме от формы вибратора (острые края или скруглённые), удалённости вибратора от кристалла, амплитуды и частоты вибрации. Показано влияние вибраций на температурный пограничный слой для жидкостей с разными числами Прандтля. Вибрации могут уменьшать толщину пограничных слоёв у фронта кристаллизации, что имеет принципиальное значение при выращивании кристаллов и что с помощью вибрационного воздействия на расплав можно менять величину градиента температуры на фронте кристаллизации, т.е. кинетику и скорость роста кристаллов. Данный эффект имеет место, как в земных условиях, так и в условиях невесомости, причём, для рассмотренных конфигураций вибрации играют доминирующую роль по сравнению с естественной конвекцией. Результаты многопараметрических расчётов показали, что вибрации могут быть простым и эффективным управляющим фактором (по сравнению, например, с невесомостью, вращением или магнитным полем), влияющим на гидродинамику, тепломассообмен и кинетику роста кристалла. В результате численного расчёта было выяснено влияние вибраций на температурный пограничный слой для жидкостей с разными числами Прандтля. Вибрации могут уменьшать толщину пограничных слоёв у фронта кристаллизации, что имеет принципиальное значение при выращивании кристаллов. После отличной защиты дипломной работы Иванов К.А. поступил в аспирантуру и написал свой программный код «AliceFlow» [21] для решения 2D и 3D уравнений Навье-Стокса.

Выпускная квалификационная работа Щербакова О.А. [14] посвящена численному моделированию конвективного течения двухфазной несжимаемой жидкости применительно к задачам кипения с и без вибрационного воздействия на процесс кипения.

Выпускная квалификационная работа Волкова Е.В. была посвящена изучению переходов между различными режимами течения в плоском диффузоре/конфузоре с малым углом раствора для вязкой несжимаемой неньютоновской жидкости путем численного решения уравнений Навье-Стокса и отражена в работах [15-18]. Целью данной работы являлось: показать существенную разницу режимов симметричных течений жидкости в диффузоре и конфузоре, определить диапазоны смены типов течения в диффузоре/конфузоре в зависимости от числа Рейнольдса, сравнение результатов численного моделирования течений в плоском диффузоре и конфузоре для симметричных и несимметричных граничных условий на входе, проведение моделирования и выполнение анализа для веществ, удовлетворяющих степенному закону Оствальда-де-Ваале. Был применен метод контрольных объёмов для решения двумерных уравнений Навье-Стокса. Результатом проделанной работы является то, что был изучен характер течения в конфузоре при разных значениях числа Рейнольдса и выявлена разница с течением в диффузоре. Задавая несимметричные граничные условия на входе в конфузор и диффузор, были проведены расчёты и сделан вывод об установившемся течении. Также численно найдены диапазоны существования режимов течения в плоских диффузорах и конфузорах в зависимости от числа Рейнольдса (расхода) для псевдопластичной и дилатантной жидкостей со степенным законом Оствальда-де-Ваале для вязкости. Проведенное сравнение результатов для конфузора с результатами диффузора позволило сделать вывод о существенном различии режимов симметричных течений жидкости в диффузоре и конфузоре. Численно показано, что при задании несимметричных граничных условий на входе в диффузор и конфузор, в диффузоре симметризация потока идет быстрее, чем в конфузоре. Течение в конфузоре при задании тех же несимметричных граничных условий на входе выходит на симметричное течение на более поздних участках, чем в диффузоре. Были найдены режимы течения в конфузоре, при которых начальное несимметричное остается стационарным несимметричным, и это наступает раньше, чем при симметричных граничных условиях на входе. Для псевдопластичной ньютоновской жидкости в плоском диффузоре численно показан диапазон существования стационарных симметричных, стационарных несимметричных и нестационарных несимметричных режимов течения. Для дилатантной жидкости в рассмотренном диапазоне чисел Рейнольдса были выявлены только стационарные симметричные течения. В рассмотренном диапазоне чисел Рейнольдса в плоском конфузоре течения являются стационарными и симметричными, и стационарного режима с несимметричной структурой течения не наблюдается.

Приведённые примеры являются не полным списком работ студентов, показывающими практическую реализацию соединения учебного и научного процессов в ВУЗе. Данное сотрудничество учебных и научных институтов активно способствует выявлению наиболее талантливых и творчески одарённых студентов и привлечению их к научно-исследовательской работе, способствует их эффективному творческому развитию, воспитанию из них профессионально подготовленных творческих специалистов с активной жизненной позицией. Такая индивидуальная форма подготовки позволяет привлекать к этой форме обучения студентов как с первых шагов учёбы в институте, так и с любого из последующих курсов. Каждый из таких студентов подключается к научно-исследовательской работе на кафедре института, достигает заметных успехов в учёбе и научной деятельности, принимает активное участие в различных конкурсах, олимпиадах, выполняет творческую научную работу под руководством преподавателя или научного сотрудника кафедры, участвует с докладами на различных конференциях, готовит научные публикации. В институте № 8 «Информационные технологии и прикладная математика» МАИ в последние годы большинство выпускников, поступивших в аспирантуру, будучи студентами, сочетали успешную учёбу с научной работой, в частности, в ИПМех РАН. Квалифицированные творческие специалисты и аспиранты во многом – это выдающиеся выпускники института № 8 МАИ.

## Список литературы


1. Пунтус А.А. Об эффективной индивидуальной форме обучения студентов во втузе. Тезисы докладов Международной научно-образовательной конференции «Наука в вузах: математика, физика, информатика». М: Изд-во РУДН, 2009. С. 622-625.
2. Пунтус А.А. «О формах соединения учебного и научного процессов в техническом вузе». Тезисы доклада на Международной школе – конференции молодых учёных «Математика, физика, информатика и их приложения в науке и образовании». Москва, МИРЭА, 12-15 декабря 2016 г. М.: Изд-во МИРЭА. С. 274-276.
3. Пунтус А.А. О соединении учебного и научного процессов при подготовке квалифицированных специалистов в высшей школе. Сборник трудов Международной научной конференции «Образование, наука и экономика в вузах, интеграция в международное образовательное пространство». Изд-во Высшей школы имени Павла Владковица. Польша, 2008. С. 218-227.
4. Fedyushkin A.I., Polezhaev V.I., Yaremchuk V.P. Education & tutorials in modeling in computation heat transfer: From Elementary Processes on the Basis of Computer Laboratory to the Industrial Complexes. CD ROM Proceedings of 4th ICCHMT, May 17-20, 2005, Paris-Cachan, France, 2005. №. 97.
5. Федюшкин А.И., Пунтус А.А. Обучение студентов CFD – моделированию. Материалы XXI Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСПП'2019). Алушта, 24-31 мая 2019 г. – М: Изд-во МАИ, 2019. С. 785-787.
6. Федюшкин А.И., Пунтус А.А. Обучение студентов моделированию процессов гидродинамики и тепломассопереноса. Сборник трудов Международной научной конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики». Секция «Проблемы преподавания математики и информатики в высшей и средней школе». Воронеж 11-13 ноября 2019 г. Изд-во: Воронеж «Научно-исследовательские публикации», 2020. С. 1722–1724.
7. Polezhaev V. I., Yaremchuk V. P., Nikitin N. V. Three-dimensional convection in realistic microgravity environment & analysis of microgravity requirements // AIAA Paper 42nd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. 42nd AIAA. Aerospace Sciences Meeting and Exhibit sponsors: American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA. Reno, NV, 2004. Pp. 10864–10870.
8. Корольков А.Ю., Федюшкин А.И., Пунтус А.А. Моделирование конвективных процессов в одно - и многофазных несмешивающихся жидкостях при постоянных и вибрационных воздействиях. Сборник «Через тернии к звёздам». – М.: Изд-во МАИ. 2007. С. 376-383.
9. Федюшкин А.И., Пунтус А.А., Иванов К.А. Краткий обзор публикаций по исследованию обтекания твёрдого шара при малых числах Рейнольдса. Сборник

«Проектирование и изготовление аэрокосмических аппаратов». М.: Изд-во МАИ, 2006. С. 58-65.
10. Иванов К.А., Пунтус А.А., Федюшкин А.И. Ламинарный пограничный слой при обтекании плоской пластины. Сборник «Обеспечение качества на всех этапах жизненного цикла изделия». М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008. С. 275-282.
11. Федюшкин А.И., Иванов К.А., Пунтус А.А. Вибрационное управление полем температур в подкристальной области при выращивании кристаллов методом Чохральского. Труды 2-й Всероссийской конференции «Информационные технологии в авиационной и космической технике – 2009». М.: Изд-во МАИ.2009. С. 90-91.
12. Иванов К.А., Федюшкин А.И., Пунтус А.А. Исследование влияния вибрации на пограничный слой и конвективный теплообмен в прикладных задачах гидродинамики. Сборник «Проектно-конструкторские и производственные вопросы создания перспективной авиационной техники». М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. С. 198-205.
13. Федюшкин А.И., Иванов К.А. Гидродинамика и теплообмен при вибрационных воздействиях на расплав в процессах выращивания монокристаллов. Препринт ИПМех РАН, № 1085. Москва, 2014. 107 С.
14. Федюшкин А.И., Пунтус А.А., Щербаков О.А. Математическое моделирование влияния вибраций на теплообмен в процессе кипения. Сборник «Вопросы создания аэрокосмических и ракетных летательных аппаратов». М.: Изд-во Ваш полиграфический партнёр. 2013. С. 220-226.
15. Пунтус А.А., Федюшкин А.И., Волков Е.В. Численное решение задачи Джеффри-Гамеля о ламинарном течении вязкой несжимаемой жидкости в плоских диффузоре и конфузоре. Сборник тезисов докладов 16-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика – 2017». МАИ. 20–24 ноября 2017 г. М.: Изд-во МАИ, 2017. С. 407-408.
16. Волков Е.В., Пунтус А.А., Федюшкин А.И. Течения ньютоновской и неньютоновской жидкостей в узких каналах конфузорной и диффузорной формы. Сборник тезисов докладов 17-й Международной конференции «Авиация и космонавтика». МАИ, 19-23 ноября 2018 г. М.: Изд-во МАИ, 2018. С. 429-430.
17. Волков Е.В., Пунтус А.А., Федюшкин А.И. Течения ньютоновской и неньютоновской жидкостей в узких каналах конфузорной и диффузорной формы. Материалы XXI Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСПП'2019). Алушта, 24-31 мая 2019 г. М: Изд-во МАИ, 2019. С. 422-424.
18. Fedyushkin A. I., Puntus A. A., Volkov E. V. Symmetry of the flows of Newtonian and Non-Newtonian fluids in the diverging and converging plane channels // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2181, No 1. DOI:10.1063/1.5135676.
19. Пунтус А.А., Федюшкин А.И., Сперанская Е.П. Численное решение двумерных уравнений Навье-Стокса. М.: МАИ. Деп. В ВИНИТИ № 2975-81.
20. Федюшкин А.И., Пунтус А.А., Хан Ю.О. Математическая модель расчёта тепловой конвекции при нормальной и пониженной гравитации. Сборник «Проектно-конструкторские и производственные вопросы создания перспективной авиационной техники». М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ. 2009. С. 205-214.
21. Иванов К.А. 3D код AliceFlow моделирования гидродинамики и тепломассообмена. URL: https://github.com/kirill7785/AliceFlow/

# ABOUT THE CONNECTION OF EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC PROCESSES AT THE MOSCOW AVIATION INSTITUTE

**A.A. Puntus**
Dr. Sci. (Ph. D.), professor
artpuntus@yandex.ru
Moscow
The Moscow Aviation Institute

**A.I. Fedyushkin**
Dr. Sci. (Ph. D.)
fai@ipmnet.ru
Moscow
Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of Russian Academy of Sciences

**Abstract.** Using the example of many years of experience in cooperation between the Institute No. 8 "Information Technologies and Applied Mathematics" of the Moscow Aviation Institute and Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of RAS points out the need for cooperation between the university and specialists of academic institutions in the preparation of highly qualified specialists in the field of CFD, stages of training, examples of qualification work and the use of software CFD products for training are presented. The difficulties of teaching CFD modeling are discussed, achievements and examples of solving the problems of hydrodynamics and heat and mass transfer by students of the Moscow Aviation Institute are given

**Keywords:** Applied computational mathematics. Educational process. Scientific work. Hydrodynamics. Heat and mass transfer. The connection of educational and scientific Institutions. Skills for solving engineering problems. Creative process. Education of a fully developed personality.

## References

1. Puntus, A. A. (2009). About the effective individual form of teaching students at vtuz. [*Ob effektivnoij individualnoij forme obuchenija studentov vo vtuze*]. Abstracts of the International scientific and educational conference "Science in higher education: mathematics, physics, computer science". Publishing house of RUDN. Moscow. Pp. 622-625.
2. Puntus, A. A. (2016). On the forms of connection of educational and scientific processes in a technical University. [*O formah soedinenija uchebnogo i nauchnogo processov v tehnicheskom vuze*]. Theses of the report at the International school-conference of young scientists "Mathematics, physics, computer science and their applications in science and education". Moscow, MIREA, December 12-15, 2016. Moscow: MIREA Publishing house, Pp. 274-276.
3. Puntus, A. A. (2008). On the connection of educational and scientific processes in the preparation of qualified specialists in higher education. [*O soedineniji uchebnogo i nauchnogo processov pri podgotovke kvalificirovannyh specialistov v vyshei shkole*]. Proceedings of the International scientific conference "Education, science and Economics in universities, integration into the international educational space". Publishing house of the Higher school of a name of Paul Vlatkovica. Poland. Plock. Pp. 218-227.
4. Fedyushkin, A.I., Polezhaev, V.I., Yaremchuk, V.P. (2005). Education & tutorials in modeling in computation heat transfer: From Elementary Processes on the Basis of Computer Laboratory to the Industrial Complexes. CD ROM Proceedings of 4th ICCHMT, May 17-20, 2005. Paris-Cachan, France. Vol. 97.

5. Fedyushkin, A. I., Puntus, A. A. (2019). Training students in CFD modeling. [*Obuchenije sudentov CFD – modelirovaniju*]. Proceedings of the XXI International conference on computational mechanics and modern applied software systems (VMSPP ' 2019). Alushta, may 24-31, 2019. Moscow: MAI-PRINT Publishing house. Pp. 785-787.
6. Fedyushki, A. I., Puntus, A. A. (2019). Teaching students to model the processes of hydrodynamics and heat and mass transfer. [*Obuchenije studentov modelirovaniju processov gidrodinamiki i teplomassoperenosa*]. Proceedings of the International scientific conference "Actual problems of applied mathematics, computer science and mechanics". Section "Problems of teaching mathematics and computer science in higher and secondary schools". Voronezh from 11 to 13 November 2019. Publishing house: Voronezh "Research publications". Pp. 1722-1724.
7. Polezhaev, V. I., Yaremchuk, V. P., Nikitin, N. V. (2004). Three-dimensional convection in realistic microgravity environment & analysis of microgravity requirements. *AIAA Paper 42nd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. 42nd AIAA. Aerospace Sciences Meeting and Exhibit sponsors: American Institute of Aeronautics and Astronautic*s, AIAA. Reno, NV. Pp. 10864–10870.
8. Korolkov, A. Yu., Fedyushkin, A. I., Puntus, A. A. (2007). Modeling of convective processes in single-and multiphase immiscible liquids under constant and vibrational influences. [*Modelirovanije konvektivnyh processov v odno – i mnogofaznyh nesmeshivajushihsja zhidkostjah pri postojannyh i vibraconnyh vozdejstvijah*]. Collection "Through the thorns to the stars". Moscow: MAI-PRINT Publishing house. Pp. 376-383.
9. Fedyushkin, A. I., Puntus, A. A., Ivanov, K. A. (2006). Brief review of publications on the study of solid ball flow at small Reynolds numbers. [*Kratkij obzor publikacij po issledovaiju obteknija tverdogo shara pri malyh chislah Reijnoldsa*]. Collection "Design and manufacture of aerospace vehicles". - Moscow: MAI-PRINT Publishing house. Pp. 58-65.
10. Ivanov, K. A., Puntus, A. A., Fedyushkin, A. I. (2008). Laminar boundary layer in the flow of a flat plate. [*Laminarnij pogranichnij sloij pri obtekaniji ploskoj plastiny*]. Collection "quality Assurance at all stages of the product lifecycle". Moscow: MAI-PRINT Publishing house. Pp. 275-282.
11. Fedyushkin, A. I., Ivanov, K. A., Puntus, A. A. (2009). Vibrational control of the temperature field in the subcrystal region when growing crystals by the Chokhralsky method. [*Vibracionnoje upravlenije polem temperatur v podkristaljnoij oblasti pri vyrashivaniji kristallov metodom Chohraljskogo*]. Proceedings of the 2nd all-Russian conference "Information technologies in aviation and space technology-2009". Moscow: MAI Publishing house. Pp. 90-91.
12. Ivanov, K. A., Fedyushkin, A. I., Puntus, A. A. (2009). Investigation of the influence of vibration on the boundary layer and convective heat transfer in applied problems of hydrodynamics. [*Issledovanije vlijanija vibraciji na pogranichnyj sloi i konvektivnyj teploobmen v prikladnyh zadachah gidrodinamiki*]. Collection "Design and production issues of creating promising aviation equipment". Moscow: MAI-PRINT Publishing house. Pp. 198-205.
13. Fedyushkin, A. I., Ivanov, K. A. (2014). Hydrodynamics and heat transfer under vibration effects on the melt in the process of growing single crystals. [*Gidrodinamika i teploobmen pri vibracionnyh vozdejstvijah na rasplav v processah vyraschivanija monokristallov*]. Preprint of Ipmeh RAS. Vol. 1085. Pp. 107.
14. Fedyushkin, A. I., Puntus, A. A., Shcherbakov, O. A. (2013). Mathematical modeling of the influence of vibrations on heat transfer in the boiling process. [*Matematicheskoje modelirovanije vlijanija vibracij na teploobmen v processe kipenija*]. Collection "Questions of creating aerospace and rocket aircraft". Moscow: publishing house Your printing partner. Pp. 220-226.

15. Puntus, A. A., Fedyushkin, A. I., Volkov, E. V. (2017). Numerical solution of the Geoffrey-Hamel problem of laminar flow of a viscous incompressible liquid in a flat diffuser and confuser. [*Chislennoje reshenije zadachi Dzhefri-Gamelja o laminarnom techeniji vjazkoij nezhimajemoij zhidkosti v ploskih diffuzore i konfuzore*]. Collection of abstracts of the reports of the 16th International conference "aviation and cosmonautics-2017". Moscow: MAI Publishing house. Pp. 407-408.
16. Volkov, E. V., Puntus, A. A., Fedyushkin, A. I. (2018). Flows of Newtonian and non-Newtonian liquids in narrow channels of confusor and diffusor forms. [*Technija njutonovskoij i nenjutonovskoij zhidkosteij v uzkih kanalah konfuzornoij i diffuzornoij formy*]. Collection of abstracts of the 17th International conference "aviation and cosmonautics". MAI, November 19-23, 2018. Moscow: MAI-PRINT Publishing house. Pp. 429-430.
17. Volkov, E. V., Puntus, A. A., Fedyushkin, A. I. (2019). Flows of Newtonian and non-Newtonian liquids in narrow channels of confusor and diffusor forms. [*Techenija njutonovskoij i nenjutonovskoij zhidkosteij v uzkih kanalah konfuzornoij i diffuzornoij formy*]. Proceedings of the XXI International conference on computational mechanics and modern applied software systems (VMSPP ' 2019). Alushta, may 24-31, 2019. Moscow: MAI-PRINT Publishing house. Pp. 422-424.
18. Fedyushkin, A. I., Puntus, A. A., Volkov, E. V. Symmetry of the flows of Newtonian and Non-Newtonian fluids in the diverging and converging plane channels. AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 1 (2181). DOI:10.1063/1.5135676.
19. Puntus, A. A., Fedyushkin, A. I., Speranskaya, E. P. (1981). Numerical solution of two-dimensional Navier-Stokes equations. [*Chislennoje reshenije dvumernyh uravnenij Navje-Stoksa*]. IN VINITI # 2975-81.
20. Fedyushkin, A. I., Puntus, A. A., Khan, Yu. O. (2009). Mathematical model for calculating thermal convection under normal and reduced gravity. [*Matematicheskaja model rascheta teplovoij konvekciji pri normalnoij i ponizhennoij gravitacii*]. Математическая модель расчёта тепловой конвекции при нормальной и пониженной гравитации. Collection "Design and production issues of creating promising aviation equipment". Moscow: MAI-PRINT Publishing house. Pp. 205-214.
21. Ivanov, K.A. 3D code of AliceFlow modeling of hydrodynamics and heat and mass transfer. [*3D kod AliceFlow modelirovanija gidrodinamiki i teplomassoobmena*]. URL: https://github.com/kirill7785/AliceFlow/

УДК 378.147

# ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИКТ В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

**Елизавета Витальевна Суворова**
магистрант
martzenyukliza@mail.ru
г. Елец
**Ольга Алексеевна Саввина**
д.п.н., профессор
oas5@mail.ru
г. Елец

Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина

**Аннотация.** Для получения полноценного математического образования необходимы такие качества обучающегося, как умение концентрировать внимание, логично рассуждать и системно мыслить, а также хорошая память,