

23. **Rukovskij, N. N.** Ubezishha chetveronogih / N. N. Rukovskij. – M., 1991. – 143 s.
24. **Semenov, Ju. I.** Filosofija istorii (Obshhaja teorija, osnovnye problemy, idei i koncepcii ot drevnosti do nashih dnei) / Ju. I. Semenov. – M., 2003. – 777 s.
25. **Slonim, A. D.** Instinkt / A. D. Slonim. – L., 1967. – 160 s.
26. **Smirnov, S. V.** Stanovlenie osnov obshhestvennogo proizvodstva (material'no-tehnicheskij aspekt problemy) / S. V. Smirnov. – K., 1983. – 255 s.
27. **Smotrickij, E. Ju.** Tehnosfera: opyt filosofskoj refleksii (na primere transporta) / E. Ju. Smotrickij // Visnik Dnipropetr. un-tu. Serija: Istorija i filosofija nauki i tehniki. Vip. 18. – 2010. – № 1/2. – S. 48.
28. **Tarle, E. V.** Chem ob#jasnjaetsja sovremennij interes k jekonomicheskoi istorii / E. V. Tarle // Vestnik i biblioteka samoobrazovanija. – 1903. – № 17. – Stb. 741.
29. **Filosofskaja jenciklopedija.** – M., 1962. – T. 2. – S. 372.
30. **Frojde, M.** Zhivotnye strojat / M. Frojde. – M., 1986. – 216 s.
31. **Cheshev, V. V.** Gnoseologicheskie aspekty vzaimodejstvija inzhenernoj i nauchnoj dejatel'nosti / V. V. Cheshev // Voprosy filosofii. – 1986. – № 5. – S. 77.
32. **Cheshev, V. V.** Tehnicheskie znanija i vzajmosvjaz' estestvennyh, obshhestvennyh i tehniceskikh nauk / V. V. Cheshev // Metodologicheskie problemy vzaimodejstvija obshhestvennyh, estestvennyh i tehniceskikh nauk. – M., 1981. – 360 s.
33. **Shredinger, Je.** Chto takoe zhizn' s točki zrenija fizika / Je. Shredinger. – M., 1972. – 86 s.
34. **Shuhardin, S. V.** Osnovy istorii tehniki / S. V. Shuhardin. – M., 1961. – 278 s.
35. **Jaspers, K.** Sovremennaja tehnika / K. Jaspers // Novaja tehnokraticheskaja volna na Zapade. – M., 1986. – 453 s.

*Надійшла до редколегії 25.12.2016*

УДК 621.454.2:532.528:629.76.017.2

**В. А. Задонцев**

*Институт транспортных систем и технологий НАН Украины*

## **УЧАСТИЕ ИНСТИТУТА ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ АН УССР В РАБОТАХ ПО СОЗДАНИЮ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ 11К77 («ЗЕНИТ»)**

Приведен обзор основных результатов части исследований, выполненных в Днепропетровском отделении Института механики АН УССР – Институте технической механики АН УССР совместно с КБ «Южное» в процессе разработки ракеты-носителя 11К77 («Зенит»).

*Ключевые слова:* сектор, отделение, Институт технической механики АН УССР, РН 11К77 («Зенит»), КБ «Южное».

Наведено огляд основних результатів частини досліджень, що виконувалися у Дніпропетровському відділенні Інституту механіки АН УРСР – Інституті технічної механіки АН УРСР спільно з КБ «Південне» у процесі розробки РН 11К77 («Зеніт»).

*Ключові слова:* сектор, відділення, Інститут технічної механіки АН УРСР, РН 11К77 («Зеніт»), КБ «Південне».

The review presents the main results of the researches implemented in the Dnepropetrovsk branch of the Institute of Mechanics of the Ukrainian Academy of Sciences – Institute of Technical Mechanics of the Ukrainian Academy of Sciences in cooperation with the specialists of DB “Yuzhnoye” in the process of developing LV 11K77 (“Zenith”) are presented.

*Keywords:* Branch, Department, Institute of Technical Mechanics of the Ukrainian Academy of Sciences, RN11K77 («Zenith»), CB «Southern».

**Введение.** В 1969 г. главный конструктор КБ «Южное» академик Михаил Кузьмич Янгель поддержал идею организации в г. Днепропетровске в системе АН УССР научного подразделения для решения проблемных вопросов по тематике КБЮ. Практическую реализацию этой идеи он поручил ее автору – своему заместителю д. т. н. профессору Николаю Федоровичу Герасюте, специалисту в области баллистики, динамики полета и систем управления. Н. Ф. Герасюта целеустремленно, энергично и заинтересованно заручается поддержкой КБ, обкома партии, проводит работу среди ведущих киевских ученых и в руководящих структурах АН УССР. Это начинание завершается полным успехом: постановлением АН УССР № 99 от 14.04.1966 г. в Днепропетровском филиале Института механики АН УССР создается Сектор проблем технической механики (СПТМ ДФИМ АН УССР) со следующими научными направлениями: динамика движения летательных аппаратов (ЛА); аэродинамика космических аппаратов (КА) при входе в атмосферу; теория и методы определения надежности конструкций ЛА, тепловые двигатели ЛА. Этим же постановлением руководителем Сектора на общественных началах назначается Н. Ф. Герасюта. Ядро кадрового потенциала Сектора составили, в основном, специалисты КБЮ, направленные в новую структуру по переводу из КБ. У истоков организации Сектора стояли такие выдающиеся ученые-механики, сподвижники М. К. Янгеля, как Н. Ф. Герасюта, В. М. Ковтуненко, В. И. Моссаковский, И. И. Иванов (а также «примкнувший к ним» профессор Днепропетровского госуниверситета В. А. Махин, специалист в области ракетных двигателей). Именно соратники М. К. Янгеля, родоначальники научных школ, сформировали научные направления Сектора и определили ближайшие цели его развития. Это было составной частью их общественной деятельности.

Повседневное руководство Сектора Н. Ф. Герасюта, которого в 1967 г. избрали членом-корреспондентом АН УССР (что полностью соответствовало его личному стратегическому плану) [1; 8], поручил своему ученику к. т. н. Мадатову Гарегину Левоновичу.

Сектор рос и развивался и в 1968 г. на основании постановления Президиума АН УССР № 169 от 30.04.68 г. трансформировался в Днепропетровское отделение Института механики АН УССР (ДОИМ АН УССР), в состав которого влились группы сотрудников Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта (ДИИТа) и филиала Харьковского физико-технического института низких температур АН УССР.

Руководителем Отделения (штатным) был назначен д. т. н., проф., чл.-корр. АН УССР (с 1967 г.) Всеволод Арутюнович Лазарян, генерал-директор пути и строительства, в 1941–1958 гг. – ректор ДИИТа и зав. кафедрой строительной механики этого института.

В 1972 г. академик АН УССР Василий Сергеевич Будник, первый заместитель М. К. Янгеля в 1954–1968 гг., в сложившихся в 1970–1971 гг. обстоятельствах принимает вынужденное решение о переводе из КБЮ в АН УССР по согласованию с руководством Минобщемаша СССР и АН УССР. Постановлением Президиума АН УССР от 24.02.1972 г. В. С. Будник назначался на должность заведомо ДОИМ с возложением на него исполнения обязанностей заместителя руководителя ДОИМ АН УССР.

Приказом Генерального конструктора КБЮ В. Ф. Уткина и руководителя ДОИМ В. А. Лазаряна был окончательно юридически оформлен перевод В. С. Будника в ДОИМ АН УССР с 30.03.1972 г.

19 марта 1973 г. вышло совместное постановление-приказ № 105/83 Президиума АН УССР и Минобщемаша СССР «Об организации Сектора проблем ракетно-космической техники ДОИМ АН УССР» (с 25.03.1973 г.). Ниже приведены некоторые основные положения этого документа.

«Руководителем Сектора назначить академика АН УССР Будника В. С. Возложить на руководителя Сектора обязанности заместителя руководителя ДОИМ АН УССР по проблемам ракетно-космической техники». Установить основные научные направления Сектора... [всего 6 направлений]. «Установить, что планы НИР Сектора утверждаются Президиумом АН УССР после согласования с MOM СССР. О выполненных работах Сектор отчитывается перед 8-м Главным управлением MOM СССР и Президиумом АН УССР...»

«Сектору предоставляется право на двусторонний обмен научно-технической информацией, включая научно-технические отчеты, патентные материалы и сборники трудов организаций в установленном порядке... «Включить Сектор в список организаций, получающих информацию через ЦНТИ «Поиск»...»

«Разрешить ведущим сотрудникам допуск в соответствующие организации в установленном порядке... Поручить... строительство корпуса площадью 2,5 тыс. м<sup>2</sup> по титульному списку ЮМЗ...»

«Для ускорения развития экспериментальной базы и опытного производства разрешить организациям MOM СССР в случае необходимости передавать с баланса на баланс... [материальную часть]».

«Обязать директора ЮМЗ Макарова А. М. и главного конструктора КБЮ Уткина В. Ф. принимать участие в решении принципиальных научно-организационных вопросов деятельности Сектора».

Благодаря такому «тяжеловесу» ракетно-космической техники СССР как В. С. Будник, Сектор стал структурой двойного подчинения и получил мощный импульс для дальнейшего развития исследований проблем ракетно-космической техники.

При поддержке Генерального конструктора КБЮ, академика АН УССР В. Ф. Уткина, Генерального директора ПО «Южный машиностроительный завод» А. М. Макарова, академиков Б. Е. Патона, Б. Н. Петрова, В. П. Мишина, Г. И. Петрова, А. П. Александрова – тогдашнего президента АН СССР, в соответствии с постановлением Совета Министров УССР от 16 мая 1980 г. № 338 и Президиума АН УССР от 28 мая 1980 г. № 272 Днепропетровское отделение Института механики АН УССР было преобразовано в Институт технической механики АН УССР. ИТМ имел в своем составе 13 научных отделов и специальное конструкторско-технологическое бюро (СКТБ) с опытным производством (ОП).

И.о. директора, а затем директором нового института в 1980 г., был назначен заводделом динамики двигательных установок жидкостных ракет д. т. н., проф., чл.-корр. АН УССР Виктор Васильевич Пилипенко.

Институт продолжил участвовать в работах по созданию РН 11К77 («Зенит»), начатых в ДОИМ АН УССР еще до выпуска эскизного проекта (ЭП) по РН 11К77 в феврале 1976 г.

Следует отметить, что все НИР и ОКР СПТМ-ДОИМ-ИТМ выполнялись в тесном взаимодействии со специалистами КБЮ с использованием, кроме собственных возможностей, возможностей КБЮ и ЮМЗ по изготовлению экспериментальных образцов, стендовой и лабораторной базы КБ и завода, вычислительных и информационных ресурсов КБЮ, а также, в случае необходимости, КБ и НИИ отрасли.

Приведем для справки некоторые сведения о РН 11К77, полезные для лучшего понимания последующего изложения.

Ракетный комплекс 11К77 создавался в соответствии с постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 16.03.76 г. № 183–70, в котором выход на летные испытания планировался в 1979 г. (фактически первый запуск состоялся 13 апреля 1985 г.).

«Поиск принципиальных решений по комплексу РН 11К77 проходил долго и трудно в условиях конкуренции с ведущими КБ отрасли, которые возглавляли В. П. Глушко и В. Н. Челомей.

В 1974 г. был разработан ЭП РН в варианте «пакет» на высококипящих компонентах топлива. В 1975 г. проект был пересмотрен. В 1976 г. получило правительственную поддержку техническое предложение по созданию двухступенчатой ракеты-носителя 11К77, выполненной по тандемной (моноблочной) схеме со стартовым весом 445 т (без полезной нагрузки), на нетоксичных экологически чистых компонентах топлива кислород-керосин» [7].

Прежде чем перейти к краткому изложению результатов НИР и ОКР ДОИМ-ИТМ, которые нашли применение в процессе разработки РН 11К77 («Зенит»), заметим, что название «Зенит», по свидетельству зам. главного конструктора по летным испытаниям А. В. Агаркова, появилось тогда, когда носитель начал использоваться в коммерческих целях, а предложил его начальник сектора КБЮ проектант В. Н. Федоров.

**Основные результаты НИОКР.** Под руководством В. С. Будника в **отделе комплексных исследований ЛА** для РН 11К77 была проведена оптимизация основных проектных параметров на начальном этапе проектирования – еще до выпуска ЭП, определены области их рациональных значений с учетом заданных районов падения ступеней, разработан инструмент для оценки применимости носителя к различным полезным нагрузкам. Были разработаны принципы построения системы автоматизированного проектирования (САПР) на начальном этапе проектирования, внедрена в КБ экспериментальная подсистема САПР «Эпос», выпущен ЭП САПР первого этапа. Эти работы выполнялись в рамках системного подхода к проектированию. Были разработаны соответствующие математические модели нескольких уровней детализации, связывающие технические характеристики с показателями эффективности ракетного комплекса и программно-методическое обеспечение для оптимизации основных проектных параметров по критерию эффективности, проведены соответствующие параметрические исследования. Были исследованы также зависимости между техническими и вероятностными показателями разгонного блока для РН 11К77 с целью определения оптимальных норм надежности и улучшения весовых характеристик РН (В. С. Будник, В. К. Дорошкевич, В. И. Кузнецов, А. Н. Заволока, А. И. Зайденберг и др.).

Сотрудники отдела приняли активное участие в разработке и комплексных исследованиях, в том числе экспериментальных, барботажной системы температурной дестратификации жидкого кислорода в баке первой ступени РН с «горячей» системой наддува в условиях имитации действия полетных вибраций, что позволило, в конечном счете, обеспечить работоспособность системы и улучшить весовые характеристики ступени. Была успешно решена задача определения критического уровня виброперегрузок с точки зрения возможности опускного движения пузырей барботажного газа (гелия) и недопущения их прорыва на вход в двигатель, при этом учитывались конструктивные особенности бака и специфика его вибронагрузки (В. С. Будник, Н. Ф. Свириденко, Б. В. Свердличенко, В. И. Кузнецов, Б. С. Дробязко и др.).

В лаборатории высоких плотностей энергии отдела были разработаны технологии и оборудование для нанесения многослойных жаростойких покрытий на детали ЖРД в форме осесимметричных тел вращения. Для варианта рулевого двигателя второй ступени РН «Зенит» 11Д513 была разработана технология нанесения покрытия из хромоникелевых сплавов и малолегированного хрома для защиты внутренней поверхности камеры сгорания на наиболее теплонапряженном участке в районе критического сечения. Было внедрено многослойное барьерное покрытие на подложке из нержавеющей стали, которое обеспечивало надежное соединение меднографитовой композиции с металлом и работоспособность подшипника скольжения в среде жидкого кислорода для двигателя 11Д513. Оба технических решения были защищены авторскими свидетельствами (Лисиченко В. И., Погорелый В. А., Сысоева В. Н.).

В отделе динамики многомерных динамических систем были выполнены расчёты частот и форм колебаний конструкции РН 11К77 с учетом подвижности жидкости в баках и проведены исследования динамической нагруженности элементов конструкции РН на участке старта с учетом особенностей ее взаимодействия с пусковой установкой [3].

«Для определения частот и форм продольно-изгибных колебаний РН «Зенит» в качестве расчетной схемы принят эквивалентный тонкостенный стержень с переменными по длине инерционными и жесткостными характеристиками. Принималось во внимание, что в ряде сечений стержня имеются сосредоточенные включения в распределенные параметры. Подвижность жидкого топлива в упругих баках в продольном и поперечном направлениях учтена введением механических осцилляторов. Опираение РН на пусковую установку (ПУ) моделировалось упругими связями в продольном и поперечном направлениях, которые закреплялись в центре масс опорного сечения.

Анализ результатов показал, что свободные продольно-изгибные колебания конструкции РН независимы и разделяются на продольные и изгибные. Показано, что учет продольных колебаний жидкого топлива в несущих баках оказывает существенное влияние на динамические характеристики РН.

При исследовании изгибных колебаний РН «Зенит» получено, что поперечные колебания жидкости в баках не оказывают значительного влияния на спектр частот, вызванных упругостью корпуса.

Исследованы собственные колебания РН «Зенит» с модернизированной головной частью, предусматривающей вывод на орбиту одновременно нескольких микроспутников (Н. Е. Наumenко, И. Ю. Хижа).

С помощью разработанных математических моделей и вычислительных программ выполнен анализ динамических процессов в системе РН – ПУ, позволивший оценить уровень нагруженности РН и опорных элементов ПУ. Проведены исследования динамики РН при нормальном и аварийном режимах нагружения с учетом интенсивности ветровой нагрузки.

Получено удовлетворительное согласование результатов расчета с данными летных испытаний РН «Зенит». Выполнено подробное исследование динамических нагрузок, действующих на опорные элементы ПУ РН «Зенит» при старте. При номинальном режиме работы двигателей рассмотрено влияние на нагруженность РН ветровой нагрузки, темпа изменения силы тяги и усилий подпора, момента расфиксации опор, а также нелинейностей в связях РН с ПУ, обусловленных наличием зазоров и различием значений жесткостей упругих закреплений при растяжении и сжатии в продольном направлении. При этом допускалось, что ветровая



нагрузка может быть постоянно действующей как до старта, так и в процессе его, отсутствовать вообще или быть приложенной в начальный момент старта (внезапный порыв ветра)» (Г. И. Богомаз, М. Б. Соболевская).

В отделе прочности были разработаны методики расчетов прочности в условиях хранения и транспортировки РН «Зенит» при контактных локальных нагружениях, когда ракета опирается на ложементы [4–6]. (В. С. Гудрамович, Е. М. Макеев, В. И. Моссаковский)

Были разработаны математические модели и методы расчетов нелинейного деформирования и критических состояний (устойчивость, несущая способность) отсеков РН: топливных баков, хвостовых отсеков, головных обтекателей, которые имеют геометрические несовершенства формы, дефекты и повреждения, возникающие в процессе эксплуатации, включая внешнее воздействие различной физической природы в полетных условиях [2] (В. С. Гудрамович, А. Ф. Деменков и др.). Работы по этому направлению в 1980-х годах были отмечены премией МОМ СССР.

Заведующий отделом В. С. Гудрамович, д. т. н., проф., в 1995 году был избран членом-корреспондентом НАН Украины.

В отделе аэрогазодинамики по заданию КБЮ были разработаны методики и выполнены расчеты систем подачи кондиционированного воздуха из наземной стартовой системы воздухообеспечения для термостатирования отсеков РН 11К77 («Зенит») – полезной нагрузки, приборного и хвостового – в предстартовый период с определением необходимых расходнонапорных характеристик систем подачи воздуха.

С целью экспериментальной проверки работоспособности расчетных методик в Институте был изготовлен стенд газодинамических испытаний полномасштабных натурных образцов отсеков РН «Зенит». Результаты проведенных экспериментов подтвердили расчетные данные (П. П. Логачев, Ю. В. Кнышенко, А. В. Осадчий).

### Библиографические ссылки

1. Герасюта Николай Федорович / А. В. Новиков, В. Т. Гиленко, А. Ф. Белый, Н. П. Зыкова, И. В. Федоренко. – Днепропетровск : Арт-Пресс, 2005. – 264 с.
2. Гудрамович, В. С. Устойчивость упругопластических оболочек / В. С. Гудрамович. – К. : Наук. думка, 1987. – 216 с.
3. Динамика старта жидкостных ракет-носителей космических аппаратов / Г. И. Богомаз, Н. Е. Науменко, М. Б. Соболевская, И. Ю. Хижа. – К. : Наук. думка, 2005. – 248 с.
4. Контактное взаимодействие оболочечных конструкций с упругими основаниями при усложненных условиях эксплуатации / В. С. Гудрамович, Е. М. Макеев, В. И. Моссаковский, П. И. Никитин // Проблемы прочности. – 1985. – № 10. – С. 108–114.
5. Моссаковский, В. И. Контактные задачи теории оболочек и стержней / В. И. Моссаковский, В. С. Гудрамович, Е. М. Макеев – М. : Машиностроение, 1978. – 288 с.
6. Моссаковский, В. И. Контактные взаимодействия элементов оболочечных конструкций / В. И. Моссаковский, В. С. Гудрамович, Е. М. Макеев. – М. : Машиностроение, 1988. – 288 с.
7. Ракеты и космические аппараты конструкторского бюро «Южное» / под ред. С. Н. Конюхова. – Днепропетровск, 2000. – 239 с.
8. Федоренко, И. В. Из истории научно-технической школы Н. Ф. Герасюты (баллистика, динамика и управление полетом ракет, преодоление противоракетной обороны) / И. В. Федоренко. – Днепропетровск : Изд-во «Инновация», 2008. – 408 с.
9. Экспериментальное исследование влияния вибраций на работоспособность барботажной системы / В. С. Будник, Н. Ф. Свириденко, Б. В. Свердличенко, В. И. Кузнецов // Гидродинамика технических систем : сб. науч. трудов. – К. : Наук. думка, 1985. – С. 102–108.

## References

1. Gerasjuta Nikolaj Fedorovich / A. V. Novikov, V. T. Gilenko, A. F. Belyj, N. P. Zykova, I. V. Fedorenko. – Dnepropetrovsk : Art-Press, 2005. – 264 s.
2. **Gudramovich, V. S.** Ustojchivost' uprugoplasticheskikh obolochek / V. S. Gudramovich. – K. : Nauk. dumka, 1987. – 216 s.
3. Dinamika starta zhidkostnyh raket-nositelej kosmicheskikh apparatov / G. I. Bogomaz, N. E. Naumenko, M. B. Sobolevskaja, I. Ju. Hizha. – K. : Nauk. dumka, 2005. – 248 s.
4. Kontaktnoe vzaimodejstvie obolocheknyh konstrukcij s uprugimi osnovanijami pri uslozhnennyh uslovijah jekspluatacii / V. S. Gudramovich, E. M. Makeev, V. I. Mossakovskij, P. I. Nikitin // Problemy prochnosti. – 1985. – № 10. – S. 108–114.
5. **Mossakovskij, V. I.** Kontaktnye zadachi teorii obolochek i sterzhnej / V. I. Mossakovskij, V. S. Gudramovich, E. M. Makeev – M. : Mashinostroenie, 1978. – 288s.
6. **Mossakovskij, V. I.** Kontaktnye vzaimodejstvija jelementov obolocheknyh konstrukcij / V. I. Mossakovskij, V. S. Gudramovich, E. M. Makeev. – M. : Mashinostroenie, 1988. – 288 s.
7. Rakety i kosmicheskie apparaty konstruktorskogo bjuro «Juzhnoe» / pod red. S. N. Konjuhova. – Dnepropetrovsk, 2000. – 239 s.
8. **Fedorenko, I. V.** Iz istorii nauchno-tehnicheskoy shkoly N. F. Gerasjuty (ballistika, dinamika i upravlenie poletom raket, preodolenie protivoraketnoj oborony) / I. V. Fedorenko. – Dnepropetrovsk : Izd-vo «Innovacija», 2008. – 408 s.
9. Jeksperimental'noe issledovanie vlijanija vibracij na rabotosposobnost' barbotazhnoj sistemy / V. S. Budnik, N. F. Sviridenko, B. V. Sverdli-chenko, V. I. Kuznecov // Gidrodinamika tehniceskikh sistem : sb. nauch. trudov. – K. : Nauk. dumka, 1985. – S. 102–108.

*Надійшла до редколегії 05.01.2017*

УДК 001. (09)+62(09)

**Г. И. Сокол, Е. В. Никифорова**

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара*

**О НАУЧНОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ КАФЕДРЫ  
МЕХАНОТРОНИКИ С ЦЕНТРОМ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ МОЛОДЕЖИ ИМЕНИ А. М. МАКАРОВА:  
20 ЛЕТ СОВМЕСТНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ**

Приведены результаты 20-летней совместной научно-педагогической работы сотрудников кафедры механотроники Днепропетровского национального университета имени Олеся Гончара с Центром аэрокосмического образования молодежи имени А. М. Макарова.

*Ключевые слова:* Днепропетровский государственный университет, кафедра механотроники, результаты совместных работ, Центр аэрокосмического образования молодежи имени А. М. Макарова.

Наведено результати 20-річної науково-педагогічної співпраці співробітників кафедри механотроніки Дніпропетровського державного університету імені Олеся Гончара та Центру аерокосмічної освіти молоді імені О. М. Макарова.

*Ключові слова:* Дніпропетровський національний університет, кафедра механотроніки, результати сумісних робіт, Центр аерокосмічної освіти молоді імені О. М. Макарова.

In this article the authors analyzes the joint activities of the Department of mechatronics Faculty of Physical Engineering Dnipropetrovsk National University named after O. N. Honchar and the Ukrainian Youth Aerospace Education Center named after A. M. Makarov during the 1996–2016 years of the XX and the beginning of XXI centuries.

© Г. И. Сокол, Е. В. Никифорова, 2017