

ІСТОРІЯ ТЕХНІКИ

УДК 001 (09)+62 (09)

Г. И. Сокол, Е. В. Горбенко, В. А. Пирог

Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ ТЕОРИИ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ И ВОЛН В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДНЕПРОПЕТРОВСКОГО РЕГИОНА

Комплексно описана история предприятий и организаций ракетно-космической отрасли Днепропетровского региона, которые внесли значительный вклад в развитие теории колебаний и волн. Рассмотрены достижения КБЮ, НИИТМ, ИТМ.

Ключевые слова: теория колебаний и волн, предприятия Днепропетровска, ракетно-космическая техника.

Комплексно описано історію підприємств і організацій Дніпропетровського регіону, які внесли значний вклад у розвиток теорії коливань і хвиль. Розглянуто досягнення КБП, НДІТМ, ІТМ.

Ключові слова: теорія коливань і хвиль, підприємства Дніпропетровська.

Comprehensively describes the history of the enterprises and organizations of Dnipropetrovsk region, who have made significant contributions to the theory of oscillations and waves. Considered to achieve the enterprises of Dnipropetrovsk.

Key words: theory of oscillations and waves, the company of Dnepropetrovsk.

Введение. В начале XX в. Днепропетровский регион начал свой бурный рост: развивалась промышленность, торговля, металлургия. После войны город Днепропетровск было быстро восстановлен и снова стал одним из важнейших промышленных и научных центров СССР. Уже в 1945 году практически все эвакуированные на восток заводы возобновили выпуск продукции.

Кроме восстановления и модернизации дореволюционных и довоенных предприятий здесь появились новые научно-производственные объединения и предприятия, такие как Южный машиностроительный завод (ЮМЗ), Конструкторское бюро «Южное» (КБЮ), Институт технической механики (ИТМ), Днепропетровский филиал Научно-исследовательского института технологии машиностроения (НИИТМ), Днепропетровский государственный университет (ныне Днепропетровский национальный университет). Эти предприятия и институты были ведущими в ракетно-космической технике (РКТ) не только в Днепропетровском регионе, в СССР, но и в мире.

До 1987 г. Днепропетровск был закрытым городом для иностранцев. Все разработки и научные достижения держались в строгой секретности и имели грифы «Особой важности», «Совершенно секретно» и «Секретно». Этот факт мешал по достоинству оценить мировой вклад ученых, которые работали в Днепропетровском регионе.

Целью настоящей работы является комплексное описание истории предприятий и организаций Днепропетровского региона, которые внесли значительный вклад в развитие теории колебаний и волн в ракетно-космической технике (РКТ).

Основная часть

Анализ формирования идей механики колебаний и волн позволил выделить наиболее крупные предприятия Днепропетровщины в ракетно-космической отрасли XX столетия. На рисунке 1 приведена схема предприятий и фамилии их руководителей. Предприятия и научные организации представлены в географическом и административном контексте. Список руководителей приведен в историко-хронологической последовательности.

Для дальнейшего анализа результатов в развитии идей по тематике механических колебаний и волн в РКТ необходимо выделить направления, по которым получены наиболее крупные результаты в теории и экспериментах [1; 6; 11; 12; 15].

1) Переходные процессы и стационарные колебания в корпусе ракеты, двигательных установках, системах управления и в отдельных конструктивных узлах и системах, например, в волновых зубчатых передачах, установленных на космических аппаратах (КА).

2) Колебательные стационарные процессы в двигателях: низкочастотная и высокочастотная неустойчивости, кавитация в турбонасосном агрегате (ТНА), колебания при истечении топлива из баков.

3) Демпфирование колебаний в спускаемых аппаратах [15; 19].

4) Вибростенды и измерительное оборудование (отд. 104, 77 ГП «КБ «Южное»).

5) Транспортировка изделий и спутников (вибрации на ж/д, стенды отд. 136, колебания при транспортировке на морской старт по водной среде) [22].

6) Выживаемость живых существ при действии вибраций на участке выведения [3].

7) Специальное конструирование новых космических приборов с учетом действия вибраций [4].

8) Ультразвуковой неразрушающий контроль деталей ракеты при производстве [11; 27].

9) Акустическое воздействие на ракету. Новые генераторы низкочастотных волн акустических колебаний [5; 24].

10) Методы гашения вибраций в виброинструментах, предназначенных для изготовления деталей РКТ [1; 2].

В 1951 г. по решению Советского правительства крупный автомобильный завод был преобразован в завод по производству баллистических ракет и назван завод № 586 (предприятие п/я 186, затем «Южный машиностроительный завод»), а также создано государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» имени М. К. Янгеля. 10 апреля 1954 г. согласно постановлению правительства для разработки новых образцов ракетной техники Генеральным конструктором стал М. К. Янгель.

Характеризуя ГКБ «Южное» в своем предисловии к [22], Генеральный конструктор – Генеральный директор ГКБ «Южное» Станислав Николаевич Конюхов писал, что «итогом сорока пяти лет творческой деятельности и самоотверженного труда коллективов ГКБ «Южное» и производственного объединения «Южный машиностроительный завод», смежных организаций России, Украины и других стран СНГ стали разработка и создание четырех поколений боевых ракетных комплексов стратегического назначения, пяти космических носителей (РН), свыше семидесяти типов КА». Научные достижения коллектива включают в себя важные научно-исследовательские работы из области механических колебаний и волн.

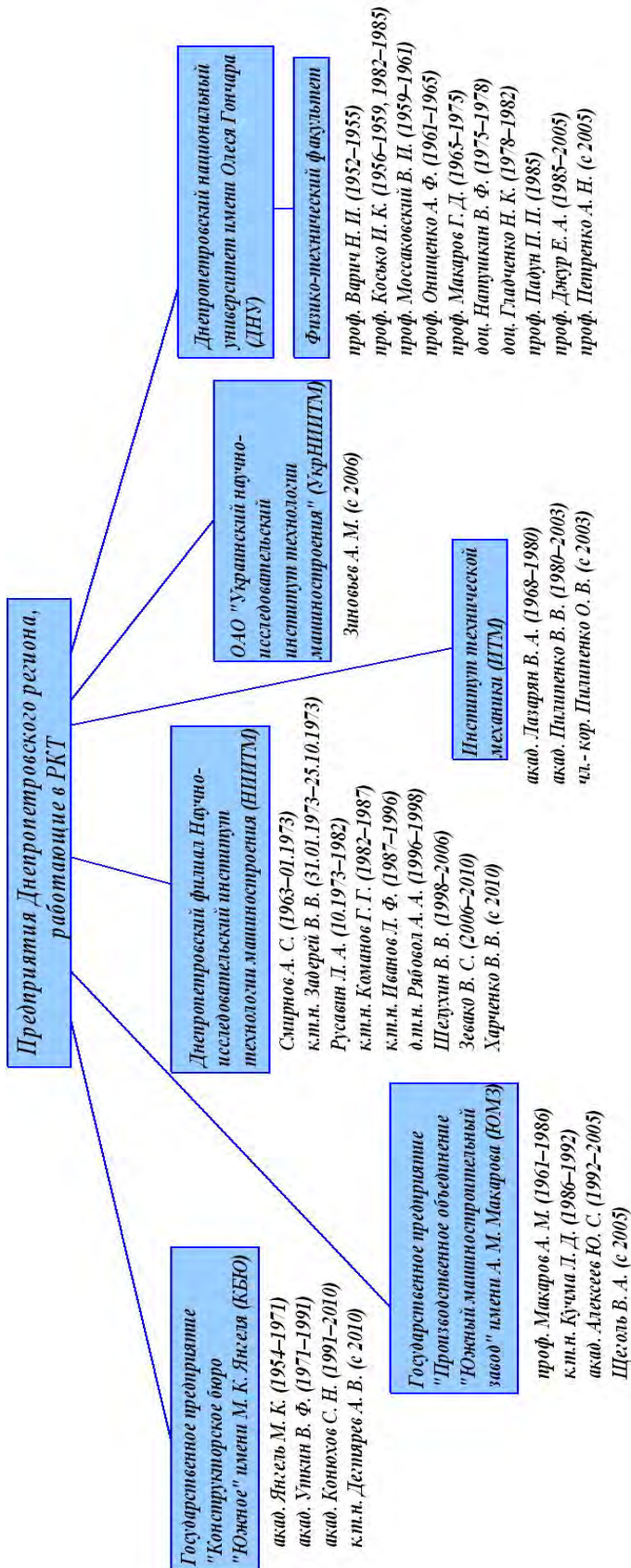


Рис. 1. Підприємства Дніпропетровського регіону та їх керівники

В деятельности ГП КБ «Южное» можно выделить следующие крупные направления работ в области механических колебаний:

1) расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в обеспечение прочности и необходимых динамических характеристик конструкции ракет, их отсеков и крупногабаритных сборок в эксплуатационных условиях;

2) автономные испытания объектов бортового оборудования ракет (агрегатов автоматики, узлов, приборов) на воздействие транспортировочных, ударных, вибрационных и линейных нагрузок;

3) измерение реальных динамических процессов при летно-конструкторских испытаниях ракет и запусках космических аппаратов, а также при огневых стендовых испытаниях ступеней, разгонных блоков и т. п.

Координацию всех работ (расчетно-теоретических и экспериментальных) осуществлял начальник комплекса прочности ГП КБ «Южное», член-корреспондент Академии наук Украины, доктор технических наук, лауреат Государственной премии СССР П. И. Никитин.

Под его руководством и при непосредственном участии в ГП КБ «Южное» была создана мощная экспериментальная база.

Наличие такой базы позволило производить динамические и вибропрочностные испытания натуральных крупногабаритных отсеков (приборный отсек, хвостовой отсек), топливных баков, головных частей. Наряду с испытаниями натуральных отсеков и сборок производились работы по определению динамических характеристик ракет на конструктивно-подобных моделях. Были спроектированы и изготовлены модели ряда вновь проектируемых ракет, в также модели баков и приборных рам, при испытаниях которых были определены динамические характеристики корпусов ракет, компонентов жидкого топлива и конструкций крепления приборов. За цикл работ по исследованию динамических свойств ракет на моделях В. А. Серенко в 1974 г. присуждена Государственная премия СССР.

Параллельно с оснащением испытательными стендами создавались методы расчета динамических характеристик ракетных конструкций, разрабатывались способы испытаний ракетных отсеков и блоков на воздействие гармонической и случайной вибрации, были выпущены «Нормы вибропрочности конструкций ракетно-космической техники». За исследования вибрационной прочности при создании ракетной техники кандидату технических наук В. А. Пирогоу в 1980 г. присуждена Государственная премия СССР.

Серьезные научные теоретические и экспериментальные исследования были проведены по изучению колебаний, возникающих в ракете в целом и в отдельных ее узлах. Это область стационарных и переходных процессов. Результаты работ изложены в диссертациях, статьях, научно-технических отчетах. В совместной работе КБЮ и ДГУ проведены математическое моделирование и серьезные натурные испытания на стендах с измерением характеристик колебаний. В 1972 г. профессор И. К. Косько защитил докторскую диссертацию, научным консультантом которой был М. К. Янгель [1; 21].

В своих воспоминаниях [10] Ю. И. Милинтейко пишет, что главный конструктор КБЮ В. Ф. Уткин лично скрупулезно разбирался в аварийных ситуациях, при этом объективно наиболее аварийными являлись именно переходные процессы. Ю. И. Милинтейко описывает одну из аварий, которая случилась при пуске РН в 1961 г. При анализе выяснилось, что датчик регулирования скорости не выдержал вибрации переходных процессов, что и привело к аварии во время полета.

В [25] И. В. Федоренко сообщает, что член-корреспондент Н. Ф. Герасюта, который является основоположником украинской научно-технической школы баллистики, динамики полета и преодоления противоракетной обороны, уделял

серьезное внимание нормальной работе приборов именно во время переходных процессов.

Согласно [11], Главный конструктор М. К. Янгель организовал ряд отделов по опытным работам, в частности, отдел стендовых и летных испытаний № 12. В дальнейшем измерением вибрационных характеристик отдельных агрегатов и узлов РН и КА на стендах занимались отделы 77, 104, 136.

В 1952 г. был создан отдел 77. Он является старейшим подразделением КБЮ [22]. Здесь были созданы: вакуумный участок с барокамерой объемом 30 м³ (И. В. Заика, В. И. Порубаймех и др.), участок динамических испытаний агрегатов автоматики на воздействие транспортировочных, ударных, вибрационных и линейных нагрузок (начальник В. В. Дудник, затем А. И. Нагаец).

В процессе экспериментальной отработки изделий и узлов РКТ в КБЮ проводились работы по исследованию поглощения энергии ударного импульса, возникающего при срабатывании пиромеханизма. Пиромеханизмы являются источниками виброимпульсных нагрузок, которые могут оказывать влияние на функционирование приборов и агрегатов автоматики, установленных на борту летательного аппарата [8].

В условиях эксплуатации, хранения и транспортирования агрегатов автоматики в составе изделия они подвергаются одновременному воздействию ряда внешних факторов, что требовало проведения комбинированных испытаний. Они могут быть механическими, климатическими, механоклиматическими.

К комбинированным испытаниям относятся:

- испытания на совместное воздействие линейного ускорения и вибрации;
- последовательные испытания на воздействие холода, пониженного атмосферного давления и влажного тепла;
- испытания на воздействие сухого тепла или холода и синусоидальной вибрации;
- испытания на совместное воздействие механических колебаний, поперечной силы и температуры;
- испытания на совместное воздействие синусоидальной вибрации и поперечной силы;
- совместное воздействие пониженного атмосферного давления и переменной температуры.

В 1970-е гг. работы велись по обеспечению быстрой отсечки потока жидкости при экспериментальной отработке заборных устройств топливных баков изделий. Трудность заключалась в том, что возникавшие при этом значительные гидравлические удары, которые приводили к появлению нагрузок в виде больших амплитуд, сопровождалась возбуждением колебаний.

В отделе 77 многие виды испытаний были реализованы впервые. Это испытания на вибрационные нагрузки микродвигательной установки под высоким рабочим давлением, испытания в реальном масштабе времени баков жидкостной двигательной установки космического аппарата, запрограммированных компонентами топлива, и многие другие.

В отделе 104 КБЮ разрабатывались стенды, возбуждающие колебания, позволяющие в земных условиях провести испытания новых образцов РКТ на имитацию полетных условий [16; 17].

В 1986 г. было завершено сооружение уникального транспортировочного стенда. Стенд был создан для испытания боевого железнодорожного ракетного комплекса (БЖРК) (рис. 2). Он позволил провести испытания ракеты 15Ж61, размещенной в вагоне, с имитацией в лабораторных условиях пробега сотен тысяч километров по эскизным договорам СССР (В. Ф. Уткин, П. И. Никитин и др.).



Рис. 2. Стенд для испытаний БЖРК

Испытания проводились по специально разработанной методике, которая позволила за счет форсирования режимов нагружения существенно сократить длительность испытаний (П. И. Никитин, В. А. Петрушевский, А. В. Чередниченко, Н. С. Козин, В. А. Соколов, В. А. Пирог, И. Ф. Ларионов, Е. П. Великая).

В дальнейшем транспортировочный стенд использовался как для испытаний изделий ракетно-космической техники, так и для испытаний объектов народного хозяйства: элементов ветроэнергетики, оборудования атомных электростанций.

Огромный вклад в создание стенда внесли В. Ф. Уткин, В. А. Петрушевский, А. В. Чередниченко, П. И. Никитин, В. Д. Клименко, О. М. Поповиченко, В. Л. Танурова, А. Ф. Гришин и большой коллектив инженеров и рабочих ГП КБ «Южное» и других организаций.

В 2005 г. группой инженеров отдела 104 получен патент на разработанный стенд горизонтальных колебаний (рис. 3). Стенд относится к области испытательной техники, а именно – к однокомпонентным вибростендам с широким диапазоном амплитуды колебаний и большой грузоподъемностью. Он может использоваться для вибрационных испытаний узлов и изделий ракетно-космической техники, вооружения, атомной энергетики, транспортной и других отраслей машиностроения. Основу вибростенда составляет горизонтальная сейсмическая платформа. Она имеет фундамент, на котором установлено опорно-направляющее устройство, две подвижные платформы (рабочая и уравнивающая) [16].

В 2009 г. Н. С. Козин, А. Д. Капинус, В. В. Топал, В. А. Клочко, И. Г. Боголиб, В. М. Федоров разработали стенд двунаправленных колебаний [17]. Стенд обе-

спечивает возможность испытаний крупногабаритных длинномерных изделий с необходимым расстоянием между местами их крепления к платформе. Была решена задача создания стенда, обеспечивающего натурные условия крепления и одновременное воздействие вибрационных нагрузок в двух взаимно перпендикулярных направлениях крупногабаритного длинномерного изделия без его перемонтажа [6].

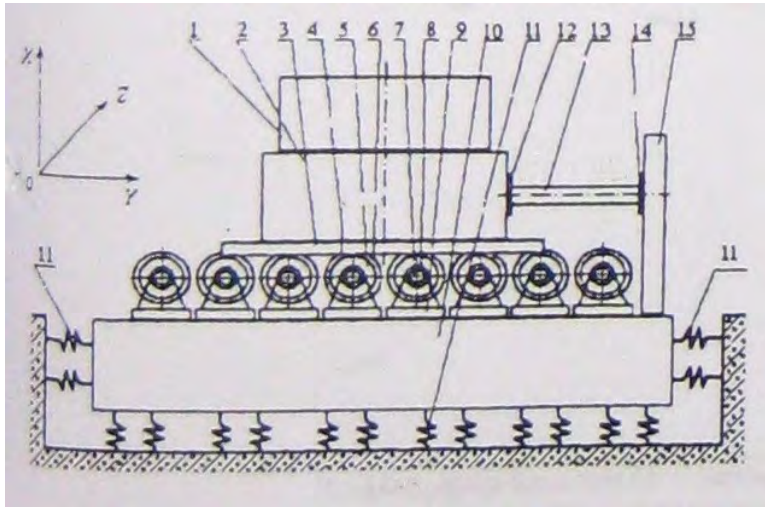


Рис. 3. Стенд горизонтальных колебаний:

1 – объект, 2 – подвижная платформа, 3 – направляющие устройство, 4 – колесные пары, 5 – колеса, 6 – гребни, 7 – оси, 8 – бусы, 9 – плита, 10 – фундамент, 11 – виброизоляция, 12, 14 – подставка, 13 – привод перемещения, 15 – стойка

Стенд вертикальных колебаний был использован для проведения вибрационных испытаний узлов и изделий для ракетно-космической отрасли, атомных станций, а также других объектов для определения динамических характеристик и проверки вибрационной прочности при воздействии транспортировочных, сейсмических и ударных нагрузок в вертикальном направлении [18].

В 1958 г. в КБЮ был организован отдел 136 для динамических испытаний натурных изделий 8К51, 8К63 при транспортировке их в вагоне по железной дороге [14].

Динамическим испытаниям подвергались конструктивные элементы изделий, агрегаты, отдельные узлы, отсеки. В период с 1960 по 1964 г. выполнялись большие объемы работ по исследованию динамических характеристик жидкого наполнения баков изделий, динамических характеристик мест крепления командных приборов (изделия 8К63, 8К63С1, 8К65).

В 1964–1966 гг. было приобретено и введено в эксплуатацию следующее оборудование: электродинамический вибростенд УР 100 фирмы «Дерритрон» (Англия) с частотным диапазоном 5-5000 Гц и толкающим усилием 680 кг; усилитель мощности низкой частоты (на базе модулятора радиостанции «Иней»); два электродинамических вибратора Д40А и один вибратор Д100.

Начальником группы стендов в тот период был В. П. Доценко. Активно работали по вводу в эксплуатацию полученного оборудования: И. Н. Николайчук, В. Л. Сороколет, А. А. Усик, А. И. Пушкарь, В. М. Цымбал, С. Г. Подрязский, Ю. С. Штыров, А. М. Тихомиров, В. А. Каспиржный, В. А. Кулеин, А. Я. Кукузенко, Г. А. Гоголин, А. В. Чередниченко и другие.

В 1970 г. был приобретен 16-канальный виброиспытательный комплекс фирмы «Продера» (Франция) для исследования динамических характеристик изде-

лий, а в 1972 г. он был смонтирован и сдан в эксплуатацию. Комплекс осваивали А. М. Тихомиров, В. Д. Клименко, Г. И. Яковец, А. А. Тришин, В. В. Беликин, В. М. Цымбал, А. П. Лысогор, В. А. Соколов.

В 1971 г. парк электродинамических вибраторов был пополнен вибраторами Д40 и Д100. Для формирования заданных воздействий на испытываемые конструкции и для управления вибростендами в 1968 – 1972 гг. была приобретена аппаратура, которая создавала гармонические вибрации фирмы «Брюль и Кьер» (Дания), а в 1975 г. – комплект аппаратуры для создания случайных колебаний (той же фирмы). Осваивали аппаратуру: И. Н. Николайчук, В. А. Каспиржный, А. В. Чередниченко, Ю. С. Штыров, К. Е. Зубрев, В. А. Соколов, а в последующие годы – С. А. Карлов, В. А. Иванов.

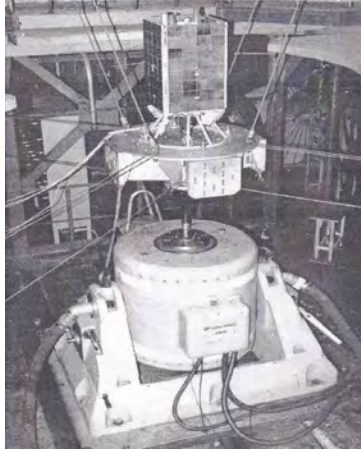


Рис. 4. Динамические испытания макета микроспутника

С 1974 по 1977 г. отдел 136 дооснастился усилителем мощности на базе модулятора радиостанции «Гром-1», вибратором УР-600 фирмы «Дерритрон», электродинамическим вибростендом 0-0320 фирмы «Шинкен» (Япония) – с толкающим усилием 20 тс и частотным диапазоном 5 – 1600 Гц. Это открыло широкие возможности для испытаний крупногабаритных узлов и сборок [7].

Важное место в деятельности ГП КБ «Южное» занимают измерения вибраций при натурных испытаниях. Измерение вибраций на каждой ракете стало правилом в ГП КБ «Южное». Большой вклад в разработку телеметрической виброизмерительной аппаратуры, идеологии вибрационных измерений, методик обработки и анализа внесли А. Ф. Гришин, А. А. Резвицкий, Г. И. Козюкин, В. Д. Кудин, О. А. Аксюта, Н. Н. Жуков, А. И. Олейник, Т. Я. Батутина.

Телеметрические измерения результатов испытаний боевых ракет, РН и их составных частей (бортовых агрегатов, приборов, узлов, бортовых систем) всегда были неотъемлемой и очень важной составляющей частью как стендовых, так и летно-конструкторских испытаний (ЛКИ) РКТ [11].

При ЛКИ определяются фактические температурные и вибрационные режимы, что и выполнялось инженерно-техническим составом комплекса № 5 КБЮ. Единое структурное телеметрическое отделение в КБЮ – отдел 12 – было создано в 1957 г. при самой активной поддержке М. К. Янгеля. Ныне системными измерениями занимается отдел 372 [11].

В КБЮ были созданы новые ультразвуковые датчики остатков топлива в баках [11].

Проблема учета колебаний РН вследствие наличия волны на поверхности океана появилась при осуществлении программы «Морской старт». Из воспоминаний

ний заместителя Генерального конструктора, начальника комплекса № 5 КБЮ А. В. Агаркова [11]: «В этом проекте («Морской старт») многое было впервые: первые международные контакты и первая изготовленная РН «Зенит-3SL», первая заправка, первые испытания, первый поход на экватор и, наконец, первый пуск... Надо отметить, что в бытовом понимании погода была хорошая, но для работы РКН – никуда не годилась. Высота волны – 2,7–3 м. Согласно критериям готовящегося пуска (высота волны не более 2,5 м) погодные условия были неприемлемыми». В. А. Пирог по созданной комплексом № 3 программе с помощью передаваемых со стартовой платформы (СП) показаний датчиков определял прогнозируемую нагрузку в корневом сечении РН. Высота волны влияла на большие углы наклона СП, которые могли быть критичными и недопустимыми для пуска РКН.

По инициативе академика М. К. Янгеля в апреле 1966 г. в Днепропетровске было организовано новое академическое подразделение – Сектор проблем технической механики в составе Днепропетровского филиала Института механики АН УССР. Следующим этапом стало преобразование в апреле 1968 года Сектора в Днепропетровское отделение Института механики АН УССР. Руководителем Отделения был назначен академик АН УССР Всеволод Арутюнович Лазарян, в то время член-корреспондент АН УССР. В июне 1968 г. к Отделению были присоединены физико-металлургические отделы бывшего Отделения Харьковского физико-технического института низких температур АН УССР [20].

В феврале 1970 г. в отделении был создан научный отдел динамики двигательных установок под руководством доктора технических наук Виктора Васильевича Пилипенко. В мае 1980 г. на базе Отделения был создан Институт технической механики (ИТМ) АН УССР, который возглавил академик НАН Украины Виктор Васильевич Пилипенко, в то время член-корреспондент АН УССР, доктор технических наук, профессор.

С 2003 г. институтом руководит член-корреспондент НАН Украины Олег Викторович Пилипенко.

В области динамики механических систем развиты эффективные методы исследования стационарных и нестационарных колебаний сложных механических систем, предложены способы идентификации и оптимизации их параметров. Разработаны математические модели и методы обеспечения надежности и безопасности железнодорожного транспортирования конструкций космической техники, прогнозирования и уменьшения вибронагруженности при транспортировании [19].

Решены сложные задачи деформирования, прочности и несущей способности (с учетом пластических свойств и ползучести материала) неоднородных конструкций ракетно-космической и авиационной техники, энергетического и транспортного машиностроения, работающих в условиях интенсивных воздействий различной физической природы, в том числе локальных нагрузок и контактных взаимодействий.

В Днепропетровске в КБЮ и в ИТМ широко велись специфические научные исследования в области влияния кавитации на работу двигательной установки ЖРД. Суть процесса состоит в том, что скрытая кавитация, несмотря на существование в проточной части кавитационных камер определенных размеров, не оказывает заметного влияния на статические выходные параметры насоса, но приводит к изменению динамических характеристик системы, понижению собственных частот колебаний жидкости в питающем трубопроводе и, наконец, при определенных условиях вызывает самовозбуждение колебаний давления и расхода в системе. Поскольку природа этих колебаний обусловлена кавитационными явлениями в насосах, они и получили название кавитационных.

В работах ИТМ внимание уделялось теоретическому и экспериментальному изучению колебаний, создаваемых кавитационным генератором. Проведены результаты определения динамических характеристик шнекоцентробежного насоса. Выявлено, что при очень больших амплитудах форма колебаний входного давления приобретает вид следующих друг за другом гидроударов. Это свидетельствует о том, что периодически происходит полное схлопывание кавитационных каверн в насосе.

Была создана специальная установка для имитации вынужденных разрывных кавитационных колебаний [19]. Установка состояла из вертикально расположенного трубопровода, заполненного водой, в нижней части которого располагался поршень, совершающий гармонические колебания. При достаточно большом значении амплитуды колебаний поршня в жидкости возникал режим вынужденных разрывных кавитационных колебаний. При этом около поршня периодически возникает кавитационный разрыв жидкости, в результате чего давление у поршня падает до значения, равного давлению насыщенных паров.

По окончании экспериментов было отмечено, что все полученные экспериментальные факты по влиянию различных параметров на режим разрывных кавитационных автоколебаний находятся в качественном согласовании с результатами приведенного теоретического анализа.

Важными вопросами в пневмогидравлических системах (ПГС) ракеты есть динамические ошибки агрегатов автоматики. Данные ошибки возникают как следствие вибраций конструкции ракеты, автоколебаний отдельных агрегатов, автоколебаний ПГС в составе ракеты и так далее. Процесс создания агрегатов автоматики ПГС разделяется на две фазы – проектирование и экспериментальную отработку. Задачу минимизации динамических ошибок агрегатов, то есть задачу обеспечения их динамической точности решал профессор А. Т. Онищенко [12].

Сегодня ИТМ решает широкий круг научных проблем по созданию ракетносителей и космических аппаратов.

Одним из главных предприятий машиностроения в г. Днепропетровске является Открытое акционерное общество «Украинский научно-исследовательский институт технологии машиностроения» (НИИТМ), председатель правления – директор которого Владимир Викторович Харченко [28].

История становления институтского подразделения неразрушающего контроля началась в конце 1963 г. Основным заказчиком долгие годы была центральная заводская лаборатория ЮМЗ. Специалисты лаборатории предложили использовать для неразрушающего контроля наиболее перспективные ультразвуковые и вихретоковые методы [28].

В начале 1966 г. лаборатория была преобразована в отдел, который возглавил И. А. Смирнов.

Отдел вел деловое сотрудничество с такими предприятиями как Минприборпром СССР, Всесоюзный НИИ неразрушающего контроля (в настоящее время НПО «Интроскоп») и НИИ Интроскопии (сейчас НПО «Спектр»).

Зарождались традиции применения новых, основанных на физических процессах методов, ранее не используемых в неразрушающем контроле. На основе разрабатываемого в институте бесконтактного метода введения ультразвуковых колебаний в кристаллизирующийся металл сложнопрофилированной отливки начала развиваться электромагнито-акустическая тематика. Она получила широкое применение для контроля качества приклеивания теплозащитных покрытий к металлическому основанию (к. т. н. З. Д. Черный, И. С. Храма, Ю. Б. Кукуса, к. т. н. Ю. А. Крикун, Г. И. Гулевская, А. Б. Тульчинский, В. Е. Михайленко, к. т. н. В. И. Редько, А. А. Белаш и др.). Было получено 16 авторских свидетельств.

Велись работы по контролю сварных швов (к. т. н. В. А. Юпенков, А. С. Лимарчук, к. т. н. З. Д. Черный, Т. П. Юпенкова, Ю. И. Тищенко), по вихретоковой

толщинометрии из диэлектрических материалов на металлической основе (к. т. н. В. И. Редько, В. Г. Харьковец, Г. А. Пасечник, Б. И. Новицкий, Л. Г. Генералова), контролю толщины гальванохимических покрытий деталей и узлов изделий РКТ.

В 1968 г. были созданы цифровой ультразвуковой резонансный толщиномер типа ЦИТ (А. А. Белаш, О. Л. Серебренников, В. И. Иванов, Н. И. Бунаков, Ю. И. Тищенко), транзисторный резонансный ультразвуковой автоматизированный измеритель толщины «ТАИР-70» (О. Л. Серебренников, В. А. Протопопов).

В 1971 г. ЮМЗ заказал создание двух автоматизированных многоканальных установок для контроля толщины. Разработаны установки ИТМ-ВО для контроля толщины вафельных обечаек (В. А. Протопопов, А. А. Белаш, В. И. Негода, Ю. К. Романовский, Н. И. Бунаков), «Символ-5П» для сдаточного и технологического контроля толщины оребренных панелей (О. Л. Серебренников, А. А. Белаш, Л. Я. Цветянский, О. С. Надхе).

В 1972 г. участок возглавил Л. Д. Кошель. Он изменил организацию работы, что позволило оснастить отдел новыми приборами и системами контроля.

Установки ИТМ-ВО, ИТО, ИТП, «Символ-5П» были внедрены на ЮМЗ в 1974 – 1975 гг. Это позволяло снизить трудоемкость контроля изделий в 10 раз, а погрешность в 3–5 раз.

В конце 1980-х гг. был создан ряд толщиномеров типа АТ-17, ЗОНД (к. т. н. В. А. Протопопов, Ю. К. Романовский, В. М. Ботько, Н. И. Бунаков), АТ-33 (Ю. Н. Зирчук, Г. Ю. Ховрин, Б. В. Бражников).

В начале 1970-х гг. в отрасли осваивались изделия из полимерных композиционных материалов. Для их изготовления применялись материалы с большим затуханием ультразвука, что обуславливало необходимость в освоении низкочастотного диапазона ультразвука (от 50 кГц и более). Были созданы пьезопреобразователи, ультразвуковые дефектоскопы (А. И. Кузнецов), дефектоскопы, основанные на импедансном, реверберационном методах (В. С. Иванов), дефектоскоп, использующий способ свободных колебаний (М. М. Зубец). Для контроля крупногабаритных изделий создавали установки типа ДКК (О. Л. Серебренников, Л. Я. Цветянский, А. В. Мозговой, А. В. Михуткин, Л. Г. Генералова), ДКР (А. С. Лимарчук, В. А. Карамушко, А. Ф. Шадов).

В 1980-х в узлах жидкостных двигателей стали применять новые материалы гальванических покрытий, расширился диапазон толщины до 600 мкм. Был разработан уникальный газодинамический дефектоскоп ЭГД (В. Е. Михайленко, В. Н. Горб), стали развиваться методы контроля на основе проникающих излучений (к. т. н. В. А. Юпенков, В. И. Ткаченко).

В начале 1980 г. отдел неразрушающего контроля имел три подотдела под руководством В. С. Лысенко, А. А. Белаш, И. С. Храма.

До 1991 г. отделом руководил к. т. н. З. Д. Черный. В последующие годы его сменили к. т. н. В. А. Юпенков, затем А. В. Мозговой.

В 1999 г. был разработан цифровой ультразвуковой дефектоскоп «Ультразонд». Он обеспечивал контроль несколькими ультразвуковыми импульсными методами в диапазоне частот 50 кГц – 10 МГц. В 2003 г. на ГП «ПО «Павлоградский химический завод» внедрена установка СУАД, которая решает задачи ультразвуковой дефектоскопии и контроля толщины на основе токовихревого метода контроля. С 2003 г. в отделе создана микропроцессорная техника и программное обеспечение автоматизированных систем неразрушающего контроля под руководством А. В. Михуткина.

Кандидат технических наук З. Д. Черный оценил эффективность метода электродинамического возбуждения колебаний экспериментально для двух металлов: цинка и висмута [27]. Эксперимент проводился на установке, приведенной на рисунке 5. Опора из немагнитного материала 2 с формой 3 помещалась в зазор электромагнита постоянного тока 1. Индукция магнитного поля в зазоре электромаг-

нита 1 составляла 0,5Т. Переменный ток 400 А с частотой 67 кГц подводился посредством контактов 4, изготовленных из материала отливки, в выпоры 5 при-быльной части отливки.

Металл, нагретый до 1 650–1 670 °С, заливался в прокаленные до 800–900 °С керамические формы. Ток и магнитное поле включались одновременно с окончанием заливки, и обработка велась в течение 2 мин. Металлографический анализ обработанных и контрольных отливок показал, что в обработанной отливке усадочная рыхлота смещается в верхнюю часть, способствуя тем самым лучшей пропитке отливки. Однако существенных изменений в структуре не наблюдалось. Для повышения интенсивности вводимых колебаний была проведена электромагнитная обработка отливок сложной конфигурации при частоте 50 Гц.

Таким образом, эксперименты подтвердили целесообразность использования электромагнитной вибрационной обработки для управления процессами кристаллизации и улучшения качества отливок, получаемых литьем по выплавляемым моделям.

Сегодня НИИТМ имеет значительный потенциал в разработке уникальных технологий машиностроения, особенно в области неразрушающих методов контроля.

В годы становления и развития ракетно-космической отрасли физико-технический факультет (ФТФ) ДНУ был базой по обучению специалистов для КБЮ. Несомненно, весомый вклад в развитие теории колебаний и волн внесли кафедры ФТФ [26].

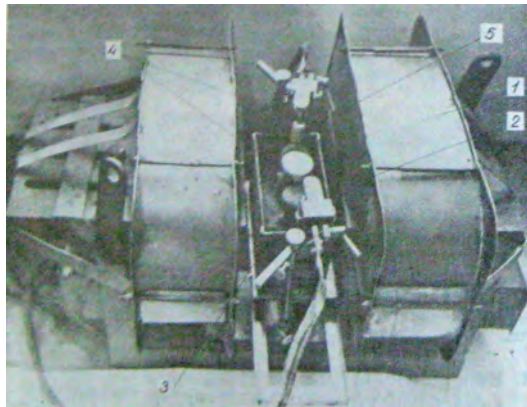


Рис. 5. Установка для электромагнитного возбуждения упругих колебаний в отливках:
1 – элетромагнит; 2 – опока; 3 – форма; 4 – контакты; 5 – выпоры

Кафедра двигателестроения, одна из старейших на факультете, основана в сентябре 1951 г. На кафедре было организовано научное направление по динамике жидкостных ракетных двигателей, которое включает в себя исследования высокочастотной и низкочастотной неустойчивости ЖРД. Эту проблему решали д-р техн. наук, профессор В. А. Махин, академики В. В. Пилипенко, В. Ф. Присняков, профессора: Л. В. Пронь, д-р техн. наук Ю. И. Морозов, д-р техн. наук С. П. Фомин, д-р техн. наук В. А. Задонцев.

Кафедра систем автоматизированного управления была создана в 1951 г. На кафедре проводилась подготовка специалистов по динамике и баллистике полета и системам автоматического управления летательными аппаратами. Одним из основателей и первых руководителей кафедры был член-корреспондент АН Украины, д-р техн. наук, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР, профессор Н. Ф. Герасюта. Ученые кафедры решали проблемы устранения колебаний в процессе полета РН и КА.

В 1953 г. была организована кафедра «Теория механизмов и машин и деталей машин». Широко и глубоко разработаны сотрудниками кафедры научные тематики «Динамика переходных процессов» и «Волновые зубчатые передачи». Долгие годы в КБЮ исследовали акустические волны, которые возникают при работе двигателей летательного аппарата на активном участке выведения. Взаимодействие высокоскоростного воздушного потока, обтекающего летательный аппарат, с обтекателем или выступающими частями корпуса приводит к генерированию ударных волн. На некотором расстоянии эти волны, уменьшаясь по амплитуде, становятся акустическими, а на большом расстоянии частотный диапазон колебаний становится только инфразвуковым.

Вследствие обтекания постоянным воздушным потоком ракета, имеющая большие линейные по длине размеры, генерирует акустические колебания типа «эоловых тонов». Следует учесть, что в диапазоне скоростей ветровых потоков на стартовых позициях и с учетом характерных продольных линейных размеров РН, акустические колебания «эоловых тонов» генерируются в инфразвуковом диапазоне частот [23].

Кафедра радиоэлектронной автоматики (РЭА) была создана в 1965 г. в результате разделения кафедры № 3 физико-технического факультета на кафедру автоматики и кафедру РЭА для подготовки специалистов по проектированию, производству и эксплуатации радиотехнических систем и радиоэлектронных способов управления. В настоящее время на кафедре осуществляется обучение специалистов по ультразвуковому неразрушающему контролю.

Кафедра проектирования и конструкции летательных аппаратов создана в 1953 г. для подготовки инженеров по специальности «инженер-механик по производству летательных аппаратов». Основные дисциплины: «Динамика полета ракетносителя и космических летательных аппаратов», «Проектирование ракетносителей» и др. Ученые кафедры принимают участие в решении проблемы гашения нежелательных колебаний элементов конструкций РН.

Выводы

1. Очерчен круг предприятий и организаций Днепропетровского региона, которые внесли значительный вклад в развитие теории колебаний и волн. Выявлены тенденции и логика развития данной теории, описана история ее фундаментальных идей, научно-технических направлений.

2. Исследованы структурные особенности развития теории механических колебаний и волн в ракетно-космической технике. Описана история становления и развития отдельных направлений в теории механических колебаний и волн в рамках ракетно-космических предприятий, научно-исследовательских и учебных заведений Днепропетровщины.

3. Внесены новые факты и имена в историю развития теории колебаний и волн в ракетно-космической технике Украины.

Библиографические ссылки

1. А.с. 359916 СССР, М. Кл. В 25b 23/202. Ручная пневмошлифовальная машинка / [И. К. Косько, В. Л. Тоцкий, И. П. Усачев, А. С. Волошин и др]. – № 1600135/25-8; Заявлено 25.12.1970; Оpubл. 28.08.1971, Бюл. № 17 – 6 с.
2. А.с. 398385 СССР, М. Кл. В 25d 21/00. Электрогайковерт / И. К. Косько, В. И. Карщенко, Ю. В. Биленко, Е. В. Лосиков. – № 1768902/25-28; Заявлено 04.06.1972; Оpubл. 27.11.1973, Бюл. № 38 – 2 с.
3. А.с. 198058 СССР, М. Кл. В 30d 22/00. // И. К. Косько, Н. А. Заяц, А. И. Люлька, И. И. Калиниченко. – № 1564913/26-8; Заявлено 05.04.1983; Оpubл. 27.08.1984, Бюл. № 12 – 8 с.
4. А.с. 155685 СССР, М. Кл. В 21b 25/18. // И. К. Косько, Н. А. Заяц, П. С. Андреев, Л. Р. Пальмбах, Н. З. Гиренко. – № 1827359/22-14; Заявлено 08.02.1979; Оpubл. 25.12.1980, Бюл. № 16 – 6 с.

5. **Деметьев В. К.** О максимальных акустических нагрузках на ракету при старте / В. К. Деметьев, Г. Е. Дуленов, В. В. Комаров, Д. А. Мельников / Космонавтика и ракетостроение, 2000. – № 19. – ЦНИИ МАШ. – С. 44–55.
6. Динамическое проектирование ракет. Задачи динамики ракет и их космических ступеней : моногр. / И. М. Игдалов, Л. Д. Кучма, Н. В. Поляков, Ю. Д. Шептун // Под ред. акад. С. Н. Конюхова. – Д. : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та, 2010. – 264 с.
7. **Дуплищева О. М.** Наставник инженеров и ученых / О. М. Дуплищева, А. М. Дуплищев. – Д. : Арт-Пресс, 2007. – С. 232.
8. **Дуплищева О. М.** Наземная экспериментальная отработка агрегатов автоматизации ЖРД / О. М. Дуплищева, В. И. Порубаймех : учеб. пособ. // Под общей ред. проф. А. В. Новикова. – Д. : ГП «КБ «Южное» им. М. К. Янгеля, Ракетно-косм. учеб.-исслед. центр, 2010. – 94 с.
9. **Косько И. К.** Динамический анализ и синтез продольных загрузок ракет : дис. на соиск. ученой степени д-ра техн. наук / И. К. Косько. – Д., 1971. – 410 с.
10. **Милинтейко Ю. И.** Шаги по Байконуру. Воспоминания конструктора-испытателя. – Д. : Герда, 2004. – 270 с.
11. Мы учим ракеты летать. К 50-летию подразделения испытаний и эксплуатации КБ «Южное» / Под общ. ред. А. В. Агаркова. – Д. : Арт-Пресс, 2012. – 648 с.
12. **Онищенко А. Т.** Некоторые способы повышения динамической точности автоматических устройств ПГС / А. Т. Онищенко // Пневматика и гидравлика. – М. : Машиностроение. – 1966. – Вып. 7. – С. 34–54.
13. **Осипова О. М.** Исследование концепций напряжения у зубьев гибких колес волновой передачи / О. М. Осипова // Известия вузов. – Машиностроение, 1965. – № 11. – С. 11–20.
14. Отдел автономной отработки агрегатов и систем РКТ (история, воспоминания, люди) // Д. : Государственное конструкторское бюро «Южное», 2003, 119 с.
15. **Панченко А. А.** Результаты экспериментальных исследований вибрационных характеристик узлов систем подачи компонентов жидкостных ракетных двигателей / А. А. Панченко, М. А. Катренко / Проблемы высокотемпературной техники : сб. науч. тр. – Д. : Пороги, 2012 – С. 92–102.
16. Патент 74407 Украины, G01M7/04 Стенд горизонтальных коливаний / Н. С. Козин, А. В. Чередниченко, И. Г. Боголиб; заяв. и патеновлад. КБ «Южное». – Заявл. 01.07.03; Опубл. 15.12.05, Бюл. № 12. – 4 с.
17. Патент 43098 Украины, G01M7/06 (2006.01) Стенд багатонаправлених коливаний / Н. С. Козин, А. Д. Капинус, В. А. Клочко, И. Г. Боголиб, В. В. Топал, В. М. Федоров; заяв. и патеновлад. КБ «Южное». – Заявл. 27.10.06; Опубл. 10.08.09, Бюл. № 15. – 4 с.
18. Патент 45959 Украины, G01M7/00 Стенд вертикальних коливаний / Н. С. Козин, В. А. Клочко, И. Г. Боголиб; заяв. и патеновлад. КБ «Южное». – Заявл. 9.03.06; Опубл. 10.12.09, Бюл. № 23. – 4с.
19. **Пилипенко В. В.** Автоколебания / В. В. Пилипенко. – К. : Наук. думка, 1989. – 316 с.
20. **Пилипенко В. В.** Об одном механизме автоколебаний в гидравлической системе с кавитирующей трубкой Вертури / Кавитационные автоколебания в насосных системах // В. В. Пилипенко, В. А. Задонцев. – К. : Наук. думка, 1976. – Ч. 2. – С. 93–103.
21. **Платонов В. П.** Михаил Кузмич Янгель / В. П. Платонов, В. П. Горбулин – К. : Наукова думка, 1979.
22. Прочности ГKB «Южное». – Д., 2006. – 56 с.
23. **Сокол Г. И.** Спектральный анализ периодически следующих ударных волн / Г. И. Сокол, У. Н. Тучина : сб. научн. тр. СНИЯиЭП. – Севастополь : СНИЯиЭП, 2007. – Вып. 1 (21). – С. 156–164.
24. **Сокол Г. И.** Двигательные установки летательных аппаратов как генераторы инфразвуковых волн : дис. на соиск. ученой степени д-ра техн. наук / Г. И. Сокол. – Д., 1986. – 315 с.
25. **Федоренко И. В.** Ракетостроители Украины : учеб. пособ. / И. В. Федоренко // Под ред. проф. Ф. П. Санина – Д. : Инновация, 2008. – 408 с.
26. Фізико-технічний факультет. ФТФ. 1951 – 2011 : рекл. проспект. – Д. : ДНУ, 2011. – 116 с.
27. **Черный З. Д.** Возбуждение ультразвуковых колебаний в расплавах металлов и сплавов бесконтактным методом / З. Д. Черный, А. С. Смирнов, Ю. Н. Крикун. – М., 1966. – С. 9–12.

28. 40 лет в рядах создателей ракетно-космических технологий : в 2 кн. / Под общей ред. В. В. Шелухина. – Кн. 1: Дерзновение, талант и подвиг коллектива. – Д. : Арт-Пресс, 2003. – 256 с.

Надійшла до редколегії 11.11.12

УДК 629.7 (092)

***О. А. Чаплиц, **В. С. Савчук**

**Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное»
им. М. К. Янгеля»*

***Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара*

К 35-летию работы в НПО им. С. А. Лавочкина

К 75-летию НПО им. С. А. Лавочкина

В. М. КОВТУНЕНКО: ПЕРИОД РАБОТЫ В НПО ИМ. С. А. ЛАВОЧКИНА

Висвітлено період творчої діяльності в НВО ім. С. О. Лавочкина (з 1977 по 1995 р.) видатного творця ракетно-космічної техніки В. М. Ковтуненко, який вніс неocenений вклад у розвиток вітчизняної безпілотної космонавтики.

Ключові слова: В. М. Ковтуненко, НВО ім. С. О. Лавочкина, проект «Вега», міжнародна співпраця, КБ «Південне» ім. М. К. Янгеля.

Освещен период творческой деятельности в НПО им. С. А. Лавочкина (с 1977 по 1995 г.) выдающегося создателя ракетно-космической техники В. М. Ковтуненко, внесшего неocenимый вклад в развитие отечественной беспилотной космонавтики.

Ключевые слова: В. М. Ковтуненко, НПО им. С. А. Лавочкина, проект «Вега», международное сотрудничество, КБ «Южное» им. М. К. Янгеля.

The article describes the period of creative activity in the S. A. Lavochkin NPO (from 1977 to 1995) of the outstanding creator of rocket and space technology V. M. Kovtunenکو who has made an invaluable contribution to the development of domestic unmanned astronautics.

Key-words: V. M. Kovtunenکو, S. A. Lavochkin NPO, the project «Vega», international cooperation, State Design Office «Yuzhnoye» named M. K. Yangel.

Введение. В конце XIX – начале XX в. в результате всплеска творческой мысли на нашей планете появилось поколение великих ученых и философов – таких как К. Э. Циолковский, А. Л. Чижевский, В. И. Вернадский, П. А. Флоренский, семья Рерихов, Н. А. Бердяев, Н. Бор, П. Тейяр де Шарден, А. Эйнштейн и других. Они были носителями нового космического мышления, новой системы познания, которая соединила в себе науку и метанауку – эмпирическое знание и знание, полученное в духовном пространстве познавательного творчества человека [9]. Ученые в своих трудах обращали внимание на забытые мысли древних мудрецов о тесном взаимодействии человека, планеты, Космоса, о фундаментальном единстве макро- и микрокосма. В них повествовалось о космической эволюции человечества, ее особенностях, причинах и роли человека в ее сложных процессах, формировался целостный подход к явлениям природы и человеческого общества.

Затем последовала череда научных открытий в разных областях знания, множество технических изобретений и, конечно же, наступил этап покорения космо-