

РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ КОЛЕБАНИЙ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ШКОЛЕ ПРОФЕССОРА ДНУ И.К. КОСЬКО

Горбенко Е.В., студентка

(Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара)

Рассмотрен принципиально новый метод расчета в научном направлении "Динамика переходных процессов", который был разработан научно-технической школой д.т.н., профессора И.К. Косько, заведующего кафедрой прикладной механики, декана физико-технического факультета Днепропетровского национального университета им. Олеся Гончара.

Для современной науки и техники характерна коллективная деятельность по выработке научных и технических знаний. Это находит выражение в создаваемых формальных и неформальных коллективах, в научных и научно-технических школах. Феномен научной школы в течение многих лет привлекает внимание историков науки. Многогранность и сложность его предопределяет разнообразие подходов и трактовок этого явления.

Проводя исследования о научных школах можно отметить то, что не каждый крупный ученый может стать лидером и создать научную школу. «Редко встречаются поистине значительные ученые, еще реже можно встретить учителя с большой буквы, – пишет В.Л. Гинзбург, – соединение же обеих сторон в одном лице, подобно произведению вероятностей двух редких событий, еще несравненно более редкое явление» [1]. Притягательная сила ученого заключается в сочетании его таланта, педагогического дарования и личных качеств. Это, прежде всего, одаренность, крупные научные результаты, любовь к науке, педагогическое мастерство, целеустремленность, научная принципиальность, широта и разносторонность зна-

ний и интересов, высокая культура, личный авторитет, смелость [1]. Таким был доктор технических наук, профессор Игорь Константинович Косько. Следуя традициям специальности 07.00.07 – история науки и техники, проведем анализ научных тем и новизны результатов, полученных д.т.н., профессором ДНУ И.К. Косько и его учениками.

18 июня 2008 года исполнилось 90 лет со дня его рождения. Профессор И.К. Косько является крупным ученым Приднепровского региона. Его научная деятельность началась в Днепропетровском металлургическом институте (ныне Национальная Металлургическая Академия Украины). Результатом явилась защита кандидатской диссертации «Кинематические и динамические исследования механизмов в системе холодной прокатки тонкостенных труб» (1952 год), выполненной под руководством доктора технических наук, профессора Сергея Николаевича Кожевникова. В 1953 г. Игорь Константинович получил диплом доцента.

Все последующие годы жизни Игорь Константинович посвятил огромной научной и общественно-политической деятельности, которую он вел в Днепропетровском националь-



ном университеті на фізико-технічному факультеті. Він двічі керував факультетом, будучи деканом (1956 – 1959 рр. і 1982 – 1985 рр.). Тут він захистив дисертацію на соискання ступеня доктора технічних наук (1971 р.) і отримав звання професора. Науковим консультантом при написанні докторської дисертації був академік Генеральний Конструктор ГКБ «Южне» Михайл Кузьмич Янгель.

І.К. Косько активно брав участь в науковій житті міста. На VI з'їзді науково-технічного товариства «Машпром» в м. Дніпропетровськ його обрали членом Центрального правління. Далі він керував науково-технічним товариством.

В найближчому майбутньому науковий потенціал і організаторські здібності професора І.К. Косько дозволили йому успішно розвивати наукові напрями: «Біодинаміка», «Динаміка перехідних процесів», «Дослідження роботи низькочастотних акустичних систем і комплексів».

Наукова діяльність І.К. Косько стосується фундаментальних областей науки і техніки: дослідження коливань в металургічних процесах, в ракетній техніці, в біомеханіці.

Кандидатська і докторська дисертації І.К. Косько були присвячені розробці принципово нових методів розрахунків в науковому напрямку «Динаміка перехідних процесів» [2, 3]. В основі досліджень, представлених в дисертаціях І.К. Косько, лежать важливі нові теоретичні положення. Вони дозволили в різних областях техніки, а саме в металургії, в ракетній техніці і в біомеханіці досліджувати подібні між собою ефекти.

Основні досягнення розробленої теорії стосуються теорії коливань. В роботі будь-якої машини потрібно розрізняти три періоди, а саме: період пуску або розгону до швидкості уста-

новившогося руху, період встановившогося руху і період гальмування. Довгий період – період встановившогося руху, а період пуску і гальмування вимірюється секундами або їх частками. Відчимувані зусилля окремими зв'язками машин в різних періодах роботи будуть відрізнятися і в період встановившогося руху можуть перевищувати зусилля, діючі при встановившемся режимі роботи [4]. Тому виникла необхідність в створенні теорії і методики розрахунку амплітуд і частот коливань в період встановившогося режиму. При розробці швидкохідних машин виникають складності не тільки конструктивного порядку, але і розрахункового, тому роль динамічних досліджень в цьому випадку набуває все більшого значення.

При розв'язанні завдань проектування машини конструктор не може обійти питання об визначенні динамічних напружень в зв'язках механізмів, виникаючих в процесі встановившогося руху; напружень, виникаючих в процесі удару. Тому динамічні дослідження механізмів стана холодної прокатки тонкостінних труб, розроблені в дисертації І.К. Косько, є однією з актуальних завдань [5].

Теоретичні і експериментальні дослідження механізмів в стані холодної прокатки труб переслідують мету: встановити правильне представлення про недоліки механізмів даної конструкції стана, встановити причини поломок зв'язок механізму в стані, вивчити можливість збільшення його продуктивності, за рахунок збільшення швидкохідності його механізмів і, нарешті, намалювати зміни, покращуючі конструкцію стана в цілому.

При виконанні кінематичного аналізу механізму стана встановлено, що кулачок, очерченний дугами ок-

ружностей, необхідно замінити кулачком с синусоїдальним законом змінення прискорення; механізм перемінної структури вільного ходу необхідно замінити храповим механізмом с уділеною характеристикою; змінити конструкцію мальтійського механізму кругової і лінійної подачі труби, сдєлав палець кривошипа подвижним в направлюючих лінійках. Для уділення швидкості механізму необхідно уділювати величини прискорінь, одределюючих сили інерції кліти, замінити при цьому циліндричні зубчаті колеса некруглими зубчатими колесами, змінити конструкцію шатуна с таким расчеом, щобо уділювати перемінний по знаку изгибаючий момент во время прямого і обратного хода кліти.

В докторській диссертации профессора И.К. Косько решена проблема созданий методики расчеа частот продольных колебаний многомассовых систем, звєнья в которых соединены упругими связями. Методика использована для случая одределения частот продольных колебаний тонких тел при последовательном і параллельном соединении масс. Результаты применены в ракетной технике.

Ученые Украины внесли значительный вклад в развитие ракетной техники в середине XX века. Созданным в г. Днепропетровске мощным ракетно-космическим центром, объединившим конструкторское бюро «Южное» им. Н.К. Янгеля с его научными, конструкторскими і испытательными подразделениями, Южный машиностроительный завод им. А.М. Макарова, физико-технический факультет Днепропетровского национального университета, Институт технической механики Национальной академии наук Украины і Национального космического агентства Украины, Научно-исследовательский институт технологии машиностроения, Днеп-

ропетровский техникум ракетно-космического машиностроения і другие научно-исследовательские учреждения были разработаны непревзойденные образцы ракетного вооружения, благодаря которым мир на планете Земля сохраняется до сегодняшнего дня. О вкладе днепропетровцев в ракетное вооружение свидетельствует следующий факт: около 60% ядерного потенциала СССР обеспечивали ракеты Украины [6].

И.К. Косько со своими учениками работал по теме «Продольные колебания тонких тел». Применение тонкостенных конструкций в современной ракетной технике диктуется прежде всего стремлением получить изделия наименьшего веса. Эта задача чрезвычайно сложна, что объясняется несколькими факторами, а именно: сложностью конструкции; многообразием задач при расчеа узлов на прочность і устойчивость; учетом изменения нагрузок во времени. По этой теме ученик профессора И.К. Косько, сотрудник КБ «Южное» Н.С. Козин защитил кандидатскую диссертацию, новыми решенными задачами в которой стал учет динамических нагрузок малой продолжительности на изделие і одределение частот собственных колебаний многомассовых систем.

Проблемы совершенствования летательных аппаратов, повышения их надежности і снижения веса обуславливают необходимость уділения технических характеристик всех систем аппаратов, а также исследования возможностей применения на летательных аппаратах принципиально новых агрегатов. С этой целью профессором И.К. Косько і А. Г. Головачом проводились обширные исследования процессов в системах летательных аппаратов, изыскание оптимальных схем і конструкторских решений [7].

Под руководством профессора И.К. Косько были проведены обширные тео-

ретические и экспериментальные работы по демпфированию колебаний тел вращения при движении. Для проведения работ в ДНУ был создан новый стенд грандиозных размеров, позволивший провести отработку и доводку натуральных образцов демпфирующих устройств, оценить их эффективность. В результате экспериментально-теоретических исследований разработаны принципиально новые конструкции демпфирующих устройств, защищенных шестью авторскими свидетельствами. По этой теме ученица профессора И.К. Косько, сотрудница КБ «Южное» Л.П. Скочко защитила кандидатскую диссертацию и выпустила более 50 научно-технических отчетов и эскизных проектов.

Задачей обеспечения динамической точности агрегатов автоматики пневмогидравлических систем (ПГС) занимался ученик профессора И.К. Косько А.Т. Онищенко. ПГС жидкостной ракеты предназначены для хранения рабочего тела и подачи его в двигательные установки. Динамические режимы ракеты ПГС оказывают существенное влияние на процесс полета ракеты. Движение рабочего тела по трубам, как правило, сопровождается возмущениями расхода и давления [8].

Переходными процессами в волновых зубчатых передачах занималась ученица И.К. Косько О.М. Осипова. Динамическое исследование таких процессов позволяет установить условия, при которых динамические нагрузки в гибком колесе были бы близки к статическим. Динамические нагрузки зависят от отношения времени приложения внешних моментов к периоду собственных колебаний упругой системы. Определение динамических нагрузок в гибком колесе позволяет обеспечить надежное функционирование приводов космических летательных аппаратов, в которых используются волновые передачи [9].

Исследование машин с упругими звеньями начинается с составления расчетной схемы исследуемой колеблющейся системы. Во многих случаях система изображается в виде дискретных масс, связанных между собой упругими связями. Жесткость характеризуется коэффициентом жесткости C , который численно равен силе упругости (или моменту), вызывающим перемещение, равное единице. В наиболее простых случаях жесткость выражается через линейные размеры упругой связи и материала. Ее выражения получены для стержня, пружины, крутильной системы, балки с массой на конце. В большинстве своем упругие связи представляют ступенчатые участки с определенным видом жесткости C на каждом участке. Поэтому ступенчатые участки можно рассматривать как последовательное или параллельное соединение упругих связей. Приводимая и приведенная системы будут эквивалентны, если кинетическая и потенциальная системы, а также работа внешних сил будут равны. Введение эквивалентной системы значительно упрощает задачу. В механике разработаны методы приведения жесткостей, масс, моментов инерции, сил, моментов. Законы изменения приведенных моментов могут быть линейными, синусоидальными, сдвинутыми по косинусоиду.

Для системы, состоящей из n масс, соединенных упругими связями, можно написать систему из $n-1$ уравнений, определяющих связь моментов сил упругости с приведенными моментами внешних сил. Упростив расчетную схему, оставляя в стороне решение общей системы уравнений для определения частот собственных колебаний системы, пользуются рекуррентной формой частотных уравнений, приведенной в общем виде для неразветвленной или разветвленной системы. Составляются определители Δ_{k-1} для заданной сис-

темы дифференциальных уравнений, развертывая которые получаем характеристическое уравнение. Это позволяет записать выражение для определения частот колебаний системы.

Общее решение неоднородного уравнения находится в виде суммы статической составляющей и динамической добавки. Во время колебательного движения под статической составляющей понимают амплитуду колебаний во время установившегося движения. Постоянные коэффициенты в уравнении определяются из начальных условий. При $t=0$ коэффициенты A и B при косинусах и синусах обращаются в нули [4]. Тогда общее решение для моментов сил упругости записывается в виде

$$M_{1,2} \ddot{t} \frac{1}{\sqrt{2}} F(t) + \frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^t F^m(u) \cos^*(t-u) du.$$

Второй член в сумме представляет собой динамическую добавку. Оценку динамического воздействия внешних возмущающих моментов можно произвести путем сравнения наибольшего значения моментов в динамике с амплитудным значением составляющей этого момента во время установившегося движения.

$$\eta = \frac{M_{1,2}}{M_0}.$$

Для характеристики динамических процессов, вызванными силами малой продолжительности, профессор И.К. Косько широко использовал коэффициент $\lambda = \frac{\tau}{T}$, который определяет, какую долю по времени τ составляет переходной процесс в работе машины за все время.

Построив график изменения η в функции параметра λ , можно определить условие, при котором действие динамической добавки становится аналогичным действием во время устано-

вившегося движения. И.К. Косько впервые применил эти теоретические положения в ракетостроении.

Подбирая соответствующий режим изменения моментов возмущающих сил, его действие можно свести к статическому. Подробные исследования динамических процессов, протекающих в звеньях механизмов, дают возможность правильно назначить допуск напряжений, выбрать наиболее подходящие места расположения предохранительных устройств, так же правильно назначить зазоры в подвижных сочленениях.

С 70-х по 80-е годы под руководством И.К. Косько идет активная работа по низкочастотным акустическим колебаниям. Ученица профессора И.К. Косько профессор ДНУ Сокол Г.И. провела анализ опубликованных в печати научных работ по низкочастотным колебаниям, что позволило сделать следующие выводы:

1. Согласно разработанным нормам при уровне звукового давления 100 дБ и выше следует ограничивать время пребывания людей в зоне распространения низкочастотных и инфразвуковых (ИЗ) волн.

2. Мало исследовано излучение низкочастотных акустических волн устройствами, работающими в гармоническом и в импульсном режимах.

3. Слабо изучены случаи возникновения нелинейных эффектов при излучении и распространении низкочастотных волн.

4. Обоснована необходимость систематического проведения измерений уровня звукового давления низкочастотного излучения на промышленных объектах и принятия мер, снижающих уровни до установленных санитарными нормами Украины.

Проведено исследование спектрального состава акустических колебаний, возникающих в воздушной среде при работе двигательных установок

типа пульсирующего реактивного двигателя (ПуВРД) [10, 11]. Задача об исследовании звукового поля ПуВРД сводится к составлению методики расчета звукового давления в дальнем поле гармонических составляющих шума, а также к выявлению влияния параметров рабочего процесса в камере сгорания на их усиление или уменьшение.

Исследование сложных биодинамических систем привело коллектив кафедры к разработке и внедрению на промышленных предприятиях вибробезопасных устройств. В контексте биодинамики были изобретены ручные пневмошлифовальные машинки, электрогайковерт. Планшетом на ВДНХ был представлен новый стенд, являющийся приближенной механической моделью руки человека и предназначенный для исследования динамических систем «рука-инструмент». Стенд позволял изучить влияние переходных процессов при воздействии кратковременных сил на инструмент. На ВДНХ был представлен также виброизмерительный прибор ВИП-1, предназначенный для измерения квадратных значений виброскорости [12].

Одним из научных направлений работ ПНИЛ САКУ, руководителем которых был профессор И.К. Косько, была также тема «Пневмоавтоматика». При выполнении целого ряда технологических операций, связанных с зачисткой сварных швов, доводкой и полировкой отверстий, галтелей при изготовлении штампов, пресс-форм, используются пневматические шлифовальные машинки. Ручной механизированный инструмент вращательного действия, к которому относятся и пневматические шлифовальные машинки, характеризуются вибрацией корпуса, которая передается на руку рабочего. Вибрация оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека и приводит к профессиональным виброзаболеваниям, которые обычно сопровождаются потерей трудоспособности. Решения этой

проблемы представлены рядом технических отчетов [13].

Обширные работы проводились на кафедре по тематике «Приборы, установленные на космических станциях», результатом которых стало создание действующих образцов космических аквариума и инкубатора. Космический аквариум представлял собой замкнутую экологическую систему. Жизнедеятельность системы заключалась в выведении мальков рыб, их выращивании и размножении в условиях невесомости. Работы велись по техническому заданию Московского Института Космических Исследований (ИКИ). Аквариум участвовал в биологических экспериментах, проводившихся при полете биоспутника № 9 серии «Космос».

Создание космического инкубатора показало, что возможно осуществление идеи выведения перепелов в условиях невесомости из яиц, которые до попадания в космос подверглись воздействию значительных вибрационных нагрузок на участке выведения ракеты.

За свою жизнь профессор И.К. Косько развил фундаментальные темы в металлургии и ракетостроении, создал теории для исследования колебательных процессов, вдохновил на плодотворную работу немало учеников, которые впоследствии стали кандидатами и докторами технических наук. Он не просто великий ученый, он заложил платформу для последующих научных работ в разделах «Исследования переходных процессов в машинах при действии сил малой продолжительности», «Биодинамика», «Демпфирование колебаний», «Снижение вибраций в процессе создания ручных машин и инструментов», «Создание низкочастотных акустических систем и комплексов». А его педагогическая и воспитательная деятельность останется в памяти профессорско-преподавательского состава коллектива физико-технического факультета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Храмов, Ю.А. Научные школы в физике / Ю.А. Храмов – Киев: Наук. думка, 1987. – 400 с.
2. Косько И.К. Кинематическое и динамическое исследование механизмов стана холодной прокатки тонкостенных труб [Текст]: диссертация кандидата технических наук/ И.К. Косько. – Днепропетровск, 1952. – 120 с.
3. Косько, И.К. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук [Текст]: спец. тема. – Д., 1971. – 410 с.
4. Косько И.К. Динамика переходных процессов: [Текст]. Учеб. пособ. / И.К. Косько, Г.И. Сокол, Л.П. Скочко. – Д., 1988. – с. 3-14.
5. Косько И.К. Вопросы прочности, надежности и разрушения механических систем: [Текст]. Учеб. пособ. / И.К. Косько, М.И. Дуплишева, Г.Д. Макаров, Д.Н. Яременко, Б.И. Крюков. – Д., 1969. – с. 55-165.
6. Федоренко, І.В. Історія становлення і розвитку науково-технічної школи М.Ф. Герасюти. Теорії польоту ракетно-космічної техніки (друга половина ХХ століття) [Текст]: автореферат/ І.В. Федоренко. – К., 2009. – 23 с.
7. Головач, А.Г. Разработка и исследование роликовых гидромашин для гидропривода органов управления ракет [Текст]: диссертация кандидата технических наук/ А.Г. Головач. – Д., 1970. – 180 с.
8. Онищенко, А.Т. Разработка и исследование конструктивных схем, технических средств и способов минимизации динамических ошибок агрегатов автоматики пневмогидравлических систем ракет [Текст]: диссертация кандидата технических наук/ А.Т. Онищенко. – Д., 1984. – 241 с.
9. Осипова О.М. Исследования волновых передач приводов РДД, ракет-носителей и спутников [Текст]: диссертация кандидата технических наук / О.М. Осипова. – Д., 1969. – 186 с.
10. Косько И.К., Сокол Г.И. О шуме пульсирующего воздушно-реактивного двигателя: [Текст]. // Деп. ВИНТИ № 4326 –80 от 10.10.1980. - 1990. - 16с.
11. Сокол Г.И.: [Текст]. Диссертация на звание канд. техн. наук. Инв. № 6429. – Днепропетровск, 1986. –178 с.
12. Косько И.К. Стенд для биодинамических исследований: [Текст]. Учеб. пособ. / И.К. Косько, А.Г. Головач, В.Л. Тоцкий, Г.К. Подтуркин, В.П. Шепелев. – Д., 1969. – с. 184-187.
13. Косько И.К. Экспериментальное исследование динамических характеристик пневмошлифовальных машинок: [Текст]. Учеб. пособ. / И.К. Косько, А.Г. Головач, В.Л. Тоцкий, Е.Д. Флора, А.И. Антоненко. – Д., 1969. – с. 168-175.

Горбенко К.В. Розробка теорії коливань в науково-технічній школі ДНУ І.К. Коська. Розглянуто принципово новий метод розрахунку в науковому напрямку «Динаміка перехідних процесів», який був розроблений науково-технічною школою д.т.н., професора І.К. Коська, завідуючого кафедрою прикладної механіки, декану фізико-технічного факультету Дніпропетровського національного університету ім. Олесь Гончара.

Gorbenko E.V. Working out of the theory of fluctuations at scientific and technical school of the professor DNU I.K. Kosko. The present article is devoted to the calculation method applied in Dynamics of Transformation Processes. The scientific branch of Dynamics of Transformation Processes was developed by scientific school of professor I.K. Kosko. I.K. Kosko was the head of Physical and Technical Faculty and the head of the Department of applied mechanics of Dnipropetrovs'k National University named after Oles' Gonchar.