

В.В.МАТВЕЕВ, академик НАН Украины, Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины;
А.П.ЗИНЬКОВСКИЙ, д-р техн. наук, проф., Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины

Г.С.ПИСАРЕНКО – ОСНОВАТЕЛЬ УКРАИНСКОЙ ШКОЛЫ ПО КОЛЕБАНИЯМ НЕКОНСЕРВАТИВНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Стаття присвячена опису життєвого шляху й творчої спадщини видатного українського вченого – механіка, доктора технічних наук, професора Георгія Степановича Писаренка. Коротко викладені основні наукові результати, отримані Г.С.Писаренком в теорії механічних коливань.

The paper is devoted to the description of the life path and scientific heritage of the prominent Ukrainian scientist in Mechanics, doctor of technical sciences, professor Pisarenko Georg Stepanovich. The basic scientific results, were obtained by G.S.Pisarenko in the Theory of Mechanical Oscillations, are briefly presented.



12 ноября 2010 года исполняется 100 лет со дня рождения академика НАН Украины, лауреата Государственных премий Украины и Государственной премии СССР, Заслуженного деятеля науки Украины, доктора технических наук, профессора Георгия Степановича Писаренко.

Родился Г.С.Писаренко на Полтавщине (хутор Скрильники Кобелякского уезда) в казачьей семье. Свою трудовую деятельность начал семнадцатилетним юношей, работая вначале рабочим-ремонтником в г. Полтаве, а затем слесарем Нижегородского автомобильного завода. Настойчиво занимаясь самообразованием, в 1931 г. он поступил в Нижегородский механико-маши-

ностроительный институт, после окончания которого работал инженером-конструктором на заводе «Красное Сормово».

В 1937 г. Г.С.Писаренко был принят в аспирантуру Киевского политехнического института по специальности «Паровые турбины» и параллельно с 1939 г. начал работать по совместительству в Институте строительной механики (ныне – Институт механики им. С.П.Тимошенко НАН Украины). С этого времени его творческая деятельность была неразрывно связана с Национальной академией наук Украины.

В феврале 1941 г. он защищает кандидатскую диссертацию, посвященную вопросам расчета на прочность диафрагм паровых турбин. В годы Великой отечественной войны работает над решением проблем повышения прочности и надежности авиационных двигателей сначала на Уфимском моторостроительном заводе, затем в Центральном институте авиационного моторостроения им. П.И.Баранова и по совместительству доцентом Уфимского авиационного института.

После войны Г.С.Писаренко продолжает работу в Институте строительной механики АН Украины, являясь с 1944 г. ученым секретарем института, и одновременно преподает в Киевском политехническом институте.

В 1948 г. Г.С.Писаренко защищает докторскую диссертацию, в которой обобщает результаты теоретических исследований нелинейных колебаний упругих систем с учетом рассеяния энергии в материале.

С 1950 г. он работает в Институте металлокерамики и специальных сплавов АН УССР (ныне Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича НАН Украины), возглавляя с 1951 г. отдел, затем сектор прочности института, а через некоторое время становится заместителем директора по научной работе. Вся дальнейшая научная деятельность Георгия Степановича посвящена формированию нового научного направления по исследованию прочности материалов и элементов конструкций в экстремальных условиях. В 1966 г. по его инициативе был создан Институт проблем прочности НАН Украины, бессменным директором которого он был более 20 лет, а с 1988 г. до последнего дня жизни – почетным директором. Под руководством Георгия Степановича здесь получили решения актуальные проблемы прочности, обусловленные запросами атомной энергетики, газотурбостроения, авиационной и ракетно-космической техники и других важнейших отраслей машиностроения.

В 1957 году Г.С.Писаренко избирается членом-корреспондентом, а в 1964 – академиком АН Украины. За монографию «Прочность материалов при высоких температурах» и учебник «Сопrotивление материалов» он был удостоен Государственных премий Украины (1969, 1980) в области науки и техники, а за фундаментальную двухтомную монографию «Прочность материалов и элементов конструкций в экстремальных условиях» – Государственной премии СССР (1982).

Характерной особенностью творческой деятельности ученого является постоянная забота о воспитании молодого поколения ученых. С 1939 г. Г.С.Писаренко непрерывно вел педагогическую работу в Киевском политехническом институте, возглавлял кафедру сопротивления материалов (1952-1984), был проректором института по научной работе (1952-1956). По его инициативе была организована подготовка инженеров-механиков-исследователей по динамике и прочности машин. Он был членом методического совета по сопротивлению материалов и строительной механике ГК СССР по народному образованию и председателем аналогичного совета при МВ и ССО

УССР. При его руководстве и консультациях подготовлено 185 кандидатов и 49 докторов наук.

Много сил и энергии Георгий Степанович отдавал научно-организационной работе. Он был Главным ученым секретарем (1962-1966), вице-президентом (1970-1978), председателем Северо-западного научного центра (1981-1988), советником Президиума НАН Украины (с 1988 г.). С 1973 г. по 1984 г. он возглавлял Комиссию космических исследований при Президиуме АН Украины, а с 1974 г. являлся бессменным председателем Научного совета НАН Украины по проблеме «Механика деформируемого твердого тела». С 1982 по 1992 г.г. был членом Президиума Национального комитета СССР, с 1992 г. – членом Российского Национального комитета, а с 1993 г. – членом Президиума Национального Комитета Украины по теоретической и прикладной механике. Он был также членом экспертного совета ВАК при СМ СССР (1977-1988), членом Комитета по Государственным премиям Украины в области науки и техники при СМ УССР (1969-1989), основателем и главным редактором журнала «Проблемы прочности» 1969-1988), который издается в США под названием «Strength of Materials», главным редактором журнала «Доповіди АН УРСР» (1970-1978), зам. главного редактора журнала «Вісник АН УРСР» (1969-1974), председателем редакционной коллегии серии «Библиография ученых Украинской ССР» (1970-1978), членом редколлегии издающегося в Великобритании международного журнала в области усталости и разрушения материалов и элементов конструкций (1979-1987) и межведомственного научно-технического сборника «Динамика и прочность машин» со дня его основания (1965 г.).

Имя Г.С. Писаренко широко известно мировой научной общественности. Он был избран действительным членом Международной академии аэрокосмонавтики и членом Американского общества испытаний и материалов. Был удостоен Золотой медали Словацкой Академии наук и Золотой медали научно-технического общества Польши, а также был избран заслуженным Соросовским профессором.

Г.С.Писаренко постоянно заботился об увековечении памяти выдающихся ученых-механиков. Под его редакцией были изданы труды академиком А.Д.Коваленко (1976), Н.Н.Давиденкова (1981), С.В.Серенсена (1985). Он опубликовал «Воспоминания» (1993) всемирно известного ученого-механика С.П.Тимошенко и книги о его жизни и деятельности (1979, 1991), а также книгу о деятельности С.В.Серенсена (1993). В автобиографических книгах «Жизнь в науке» (1989) и «Воспоминания и размышления» (1993) Г.С. Писаренко уделил внимание научным традициям, истории и перспективам организации науки, проблемам подготовки научных кадров, деятельности своих учителей и учеников, многих известных ученых, с которыми он встречался на своем жизненном пути.

С именем Г.С.Писаренко связаны выдающиеся достижения по исследованию различных аспектов прочности материалов и элементов конструкций с

учетом факторов, имеющих место в реальных условиях, по разработке критериев предельного состояния и обоснованию возможности использования в технике новых классов конструкционных материалов.

Особое место в творческом наследии Г.С.Писаренко занимают результаты теоретических исследований по разработке методов расчета колебаний механических систем с учетом диссипации энергии в нелинейной постановке, по изучению демпфирующих свойств механических систем и разработке методов повышения вибрационной надежности высоконапряженных элементов машин. Поэтому он по праву считается основоположником украинской школы ученых-механиков по изучению колебаний неконсервативных механических систем.

Интерес к этой проблеме возник у молодого ученого вначале его научной деятельности в конце 30-х годов прошлого столетия после ознакомления с фундаментальными научными достижениями академиков АН УССР С.В.Серенсена и Н.Н.Давиденкова.

С.В.Серенсен при изучении циклической прочности лопаток турбомашин обратил внимание на проблему снижения уровня их динамической напряженности за счет демпфирования колебаний. В этот период (1938 г.) в журнале «Техническая физика» была опубликована статья Н.Н.Давиденкова «О рассеянии энергии при вибрациях». Именно эти два обстоятельства и определили дальнейшую направленность научных исследований Г.С.Писаренко, которые, как показывает анализ его творческого наследия, представляют неразрывное сочетание разработки теоретических подходов к описанию колебаний неконсервативных механических систем и экспериментального их подтверждения.

С использованием метода асимптотических разложений нелинейной механики Крылова-Боголюбова им были разработаны алгоритмы расчета колебаний системы с одной степенью свободы и изгибных колебаний стержней постоянного и переменного поперечных сечений с учетом гистерезисных потерь в циклически деформируемом материале. Одновременно для экспериментального изучения рассеяния энергии в материале им впервые в мировой практике был предложен метод подвески на тонких длинных струнах колебательной системы в узлах колебаний для исключения нежелательных потерь энергии.

Результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований были обобщены в докторской диссертации, которая получила положительные отзывы таких выдающихся ученых, как Н.Н.Давиденков, Н.Н.Боголюбов, Г.И.Савин и другие.

Важной вехой в развитии теории колебаний неконсервативных механических систем стало издание в 1955 году монографии Г.С.Писаренко «Колебания упругих систем с учетом рассеяния энергии в материале», которая в 1962 году была переиздана в США. В предисловии к монографии академик Н.Н.Боголюбов написал: «...следует приветствовать появление труда Г.С.Писаренко, ... Ввиду нелинейности получающихся при этом дифференциаль-

ных уравнений автор воспользовался идеями теории асимптотических разложений нелинейной механики и разработал оригинальную методику расчета резонансных кривых, оказавшуюся весьма эффективной. С помощью этой методики автором решен ряд практически важных вопросов, связанных, в частности, с вибрацией турбинных лопаток. ...». За цикл работ в области нелинейной механики, посвященных исследованию колебаний упругих систем с учетом рассеяния энергии в материале Г.С.Писаренко в 1968 году была присуждена премия им. Н.М.Крылова АН УССР.

Таким образом, Г.С.Писаренко заложил основы научной школы в теории колебаний неконсервативных механических систем и исследовании демпфирующих свойств материалов и элементов конструкций, которые в последующие годы получили свое развитие как в его трудах, так и многочисленных его учеников, ставшими впоследствии видными учеными в области теории колебаний и прочности конструкций. Основными научными направлениями исследований в этой области, которые развиваются и в настоящее время в Институте, стали:

- разработка методов определения характеристик демпфирования колебаний механических систем, определение диссипативных свойств конструкционных материалов с учетом конструктивно-технологических и эксплуатационных факторов;
- оценка демпфирующей способности и вибронпряженности конструктивных элементов с учетом эксплуатационных факторов и разработка методов расчета колебаний упругих тел с учетом диссипативных свойств их материала, сочленений и взаимодействия с обтекающим потоком.

Г.С.Писаренко с учениками были развиты как так называемые прямые методы определения относительного рассеяния энергии в материале, так и косвенные методы, основанные на фиксировании тех или иных параметров колебательного процесса. Среди прямых методов наибольшее развитие получили метод динамической петли гистерезиса при низкочастотном циклическом деформировании (В.Т.Трощенко, Л.А.Хамаза), калометрический метод и метод определения скорости разогрева и охлаждения при высокочастотных колебаниях (В.А.Кузьменко, Г.Г.Писаренко). При этом, метод динамической петли гистерезиса использовался при уровне циклических напряжений, соответствующих многоциклового усталости, а полученные результаты исследований послужили основой для разработки деформационных и энергетических критериев усталостного повреждения металлов (В.Т.Трощенко, Л.А.Хамаза, Г.В.Цыбанев, Ю.И.Коваль, В.В.Матвеев и др.). Получил также развитие на уровне изобретений метод динамической петли деформационно-гистерезиса (В.В.Матвеев, А.П.Бовсуновский).

Известные расчетные зависимости косвенных методов основывались на несоответствующих конструкционным материалам предположениях о пропорциональности сил неупругого сопротивления скорости деформирования и независимости относительного рассеяния энергии от амплитуды деформа-

ции. В связи с этим на основе анализа колебаний нелинейных систем гистерезисного типа было проведено уточнение существующих и на уровне изобретений предложены новые косвенные методы определения характеристик демпфирования колебательных систем по параметрам свободных и резонансных колебаний (Г.С.Писаренко, В.В.Матвеев, А.П.Яковлев, И.М.Васинюк, А.П.Зиньковский). При этом, большое внимание было уделено вопросу автоматизации определения характеристик демпфирования по параметрам свободных и резонансных колебаний (В.В.Матвеев, А.П.Бовсуновский, А.П.Яковлев, Б.С.Чайковский, Н.Л.Позен, Р.К.Иващенко).

Бурное развитие во второй половине XX века новейших областей техники предъявило особое требование к материалу элементов конструкций в части обеспечения его работоспособности в существенно усложняющихся условиях эксплуатации. Это обусловило, в частности, необходимость организации и проведения комплекса исследований демпфирующих свойств широкого круга конструкционных материалов с учетом технологии их изготовления, вида и уровня напряженного состояния, температуры, частоты циклического нагружения, а также разработки высокодемпфирующих сплавов. При этом, в силу специфики изучаемого явления рассеяния энергии в циклически деформируемом материале особое внимание было уделено разработке методик экспериментального исследования, обеспечивающих создание требуемых параметров эксплуатационных условий и исключающих или сводящих к минимуму все другие потери энергии в колебательной системе кроме рассеяния энергии в материале исследуемого образца.

На основе заложенных Г.С.Писаренко основ методики исследования рассеяние энергии в материале была разработана и создана целая серия оригинальных экспериментальных установок для определения диссипативных свойств конструкционных материалов при изгибных, продольных и крутильных колебаниях в условиях нормальной, повышенных и высоких (до 1700К) температур в диапазоне частот колебаний от нескольких герц до 20 кГц. Одна из установок была удостоена золотой медали Лейпцигской Международной ярмарки.

Исследовались материалы самых различных групп и классов: чугуны, армо-железо, нелегированные, низко- и среднелегированные стали; нержавеющие, жаростойкие стали и сплавы; тугоплавкие металлы; алюминий, магний, титан, медь и их сплавы, а также квазислоистые стали, металлокерамические материалы, пьезокерамика, пластмассы, стеклопластики и другие. Были установлены зависимости их диссипативных свойств от амплитуды деформации (напряжения), вида напряженного состояния, масштабного и технологического факторов, частоты деформирования и температуры. Было показано, что амплитуднозависимое рассеяние энергии в основном обуславливается микропластическими деформациями, связанными с перемещениями дислокаций, и магнитомеханическим гистерезисом, связанным с перемещением доменов. В этих исследованиях, проводимых под непосредственным руководством Г.С.Писаренко принимало участие большое число его учеников.

Наиболее сложные и оригинальные исследования касались изучения влияния вида напряженного состояния (Н.В.Новиков, В.В.Хильчевский, В.В.Матвеев, О.Е.Богинич, В.Г.Дубенец, В.Г.Тимошенко), наличия статической напряженности, в т.ч. важного для оценки демпфирующей способности турболопаточных материалов совместного влияния температуры и поля центробежных сил (В.В.Хильчевский, В.В.Матвеев, И.Г.Токарь, Б.С.Чайковский, Д.Е.Шпак, А.Я.Адаменко), влияния высоких (до 1470 °К) и низких (до 83 °К) температур (А.П.Яковлев, Л.А.Бочарова, Г.Е.Визерская), влияния бигармоничности деформирования материала (В.В.Матвеев, А.П.Бовсуновский), влияния масштабного фактора и роли поверхностных слоев материала (В.В.Матвеев, Н.М.Мухин, О.Т.Башта). Определенное внимание было уделено исследованию и разработке высокодемпфирующих сплавов (В.В.Матвеев, Б.С.Чайковский).

Следует также отметить, что Г.С.Писаренко вместе с А.П.Яковлевым и В.В.Матвеевым впервые в мировой практике обобщили методики и результаты экспериментальных исследований демпфирующих свойств более 100 типов конструкционных материалов при продольных, крутильных и поперечных колебаниях в условиях нормальных и высоких температур, издав справочник, который, затем был переиздан за рубежом.

Анализ роли диссипативных свойств поверхностных слоев материала показал целесообразность исследования и возможность повышения демпфирующей способности тонколистовых элементов конструкций за счет нанесения различного типа покрытий, а также использования клеевых соединений в панелях самолетных обшивок (Г.С.Писаренко, В.В.Матвеев, А.П.Яковлев, А.П.Зиньковский, И.Г.Токарь, А.А.Шемеган, Р.К.Иващенко).

В плане практической реализации научных результатов следует особо отметить серьезное внимание к разработке методик и исследованию демпфирующей способности наиболее ответственных элементов конструкций с учетом основных определяющих конструктивно-технологических и эксплуатационных факторов. Так, важнейшими объектами исследований явились рабочие лопатки современных газотурбинных двигателей, демпфирующая способность которых определяется рассеянием энергии в материале, конструкционным гистерезисом в замковых и бандажных соединениях (В.В.Матвеев, Б.А.Грязнов, А.П.Зиньковский, И.Г.Токарь, А.Я.Адаменко, Ю.С.Налимов, Б.С.Чайковский, а также аэродинамическим сопротивлением обтекающего потока (А.А.Каминер, А.Л.Стельмах, В.А.Цимбалюк). Были созданы уникальные экспериментальные установки для исследования колебаний натуральных рабочих лопаток АГТД в поле центробежных сил, определения нестационарных аэродинамических нагрузок при колебаниях лопаточных профилей в составе решетки, находящейся в рабочей части созданной аэродинамической трубы.

Особый интерес представила также разработка расчетных методик и изучение связанных колебаний регулярных упругих систем с учетом реально

возможного различия частотных и диссипативных характеристик их подсистем, а также особенностей упруго-диссипативной связанности последних и амплитудной зависимости демпфирующей способности (А.П.Зиньковский, В.В.Матвеев, И.Н.Бусленко, М.В.Васильев, А.В.Побережников).

При этом, в первую очередь предметом исследования явились лопаточные венцы современных авиационных газотурбинных двигателей, где необходимо было учитывать также аэродинамическую связанность лопаток и оценивать их динамическую устойчивость в потоке. Были разработаны расчетно-экспериментальные методики оценки границы устойчивости к флаттеру лопаточных венцов (А.П.Зиньковский, А.Л.Стельмах, В.А.Цимбалюк).

Серьезное внимание было уделено вопросам изучения демпфирующей способности композитных материалов и конструктивных элементов (слоистых пластин, оболочек). На базе полученных результатов были разработаны математические основы создания высокодемпфирующих композитных конструкций (В.Г.Дубенец, В.В.Хильчевский, Е.В.Савченко).

В последние годы получили развитие исследования по оценке возможного изменения вибрационного состояния элементов конструкций в процессе их длительной эксплуатации вследствие появления усталостной трещины, обуславливающего существенную нелинейность колебательной системы и возможность возникновения опасных супер- и субгармонических резонансов. В результате проведенного цикла аналитических, численных и экспериментальных исследований установлены закономерности зависимости параметров колебательного процесса при указанных резонансах от параметров усталостного повреждения и демпфирующей способности колебательной системы (В.В.Матвеев, А.П.Бовсуновский, О.А.Бовсуновский, О.Е.Богинич, А.П.Яковлев).

Большое внимание было уделено выбору и обоснованию физически нелинейных гистерезисных зависимостей между напряжениями и деформациями при циклическом деформировании материала, определяющих характер нелинейности уравнений колебаний (Г.С.Писаренко, В.Г.Писаренко, В.В.Хильчевский, Н.В.Василенко, В.В.Матвеев, В.Г.Дубенец).

Дальнейшее развитие получила разработанная Г.С.Писаренко теория расчета колебаний слабонелинейных упругих систем гистерезисного типа с использованием асимптотических методов нелинейной механики Крылова-Боголюбова. Это нашло отражение в последующих работах Г.С.Писаренко и его учеников по распространению методов расчета на решение новых, более сложных и практически важных задач строительной механики и расчета колебаний таких ответственных элементов машин как турбинные лопатки при использовании обобщенных гистерезисных зависимостей (Н.В.Василенко, В.В.Хильчевский, В.Г.Дубенец, О.Е.Богинич, В.В.Матвеев).

Следует отметить, что проводимые исследования быстро приобрели приоритетное всесоюзное значение и начиная с 1956 г. Г.С.Писаренко организовал проведение тематических совещаний и конференций по вопросам рассеяния энергии при колебаниях механических, по материалам которых по

1992г. издавались сборники трудов. Совместно с Центральным институтом авиационного моторостроения проводились также Всесоюзные конференции по аэроупругости турбомашин. В последние годы вопросы исследования колебаний диссипативных систем включаются в организуемые Институтом проблем прочности международные научно-технические конференции по вопросам динамики и прочности машин и конструкций.

Результаты исследований Г.С.Писаренко и его учеников нашли отражение в более чем 800 научных публикациях, в том числе более 50 монографиях, книгах, учебниках и справочниках, многие из которых были переизданы за рубежом, а также 50 авторских свидетельств на новые экспериментальные установки и методы исследований.

За заслуги в развитии науки и техники, в подготовке научных и инженерных кадров он был награжден тремя орденами СССР, орденом Украины «За заслуги» 2 степени, ему было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Украины».

Умер Г.С.Писаренко 9 января 2001 года и похоронен на Зверинецком кладбище в г. Киеве.

В память о выдающемся ученом-механике и крупном организаторе науки Постановлением Президиума НАН Украины Институту проблем прочности НАН Украины присвоено имя Георгия Степановича Писаренко, установлена премия его имени за выдающиеся научные работы в области прочности материалов и конструкций.

Надійшла до редколегії 30.03.2010