

НАУЧНАЯ ШКОЛА КАФЕДРЫ

«СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»

Кафедра сопротивления материалов была основана в 1930 году. Первым заведующим кафедрой и основоположником научной школы был доктор технических наук, профессор Георгий Сергеевич Глушков. Предложенная им теория моментов высоких порядков легла в основу научных исследований кафедры, завершившихся разработкой моментно-операционного метода решения инженерных задач.

В 1962 году была опубликована монография Г.С. Глушкова «Инженерные методы расчетов на прочность и жесткость», в которой изложены теория моментов высоких порядков и моментно-операционный метод в применении к инженерным расчетам на прочность. Автор применял новую, более сложную символику в виде последовательных интегралов от моментных функций, или моментов от моментов (интегральные бимоменты). Метод применялся, в частности, при расчете балок переменной жесткости на прочность и жесткость; при расчете на прочность, жесткость и устойчивость

сжато-изогнутых брусьев, которые обычным безмоментным способом в то время можно было рассчитать только с применением специальных функций и притом не в общем виде, а для каждого случая поперечной нагрузки в отдельности.

Моментный аппарат применялся во многих случаях расчета деталей, изготовленных из материалов, не следующих или перестояющих подчиняться закону Гука. В этих случаях значительный эффект от применения моментов наблюдался при расчете деталей на пластичность и ползучесть, особенно в тех случаях, когда проводился расчет деталей на жесткость. Ознакомление с теорией моментов и моментно-операционными методами и применением их к решению практических задач позволяло распространить теорию и метод на решение новых, еще не исследованных случаев. Разработка Г.С. Глушкова и ее практическое применение позволили издать несколько книг и справочных пособий, а также подготовить несколько кандидатов наук. Под руководством профессора



*Д-р техн. наук,
профессор
Г.С. ГЛУШКОВ*

Г.С. Глушкова был защищен ряд кандидатских диссертаций (В.П. Копыленко, В.А. Сиднев, Н.Г. Савельев и другие).

Другим научным направлением кафедры являлись расчеты напряженных посадок в машиностроении. Доктор технических наук, профессор Н.Д. Тарабасов разработал теорию напряженных посадок неосесимметричных деталей, ее результаты внедрены в расчетную практику. Разработкой теории напряженных посадок в машиностроении занимался также доктор технических наук, профессор Н.В. Валишвили. По этой проблеме были опубликованы научная монография и 35 научных работ.

Николай Данилович Тарабасов с 1963 по 1983 год заведовал кафедрой сопротивления материалов. Н.Д. Тарабасовым опубликовано свыше 60 печатных работ. С 1968 года Николай Данилович — ученый секретарь, а затем и научный редактор сборника «Расчеты на прочность».

Под руководством Н.Д. Тарабасова подготовлено и защищено свыше двадцати кандидатских диссертаций (П.К. Антипин, В.Б. Петров, С.Н. Гончаров, С.П. Заякин и другие).

П.К. Антипин решил несколько задач о посадках втулок на детали некруглой формы. В.Б. Петров занимался

вопросами исследования устойчивости сжато-скрученных стержней на базе известных соотношений Кирхгофа — Клебша в консервативной и неконсервативной постановках. С.Н. Гончаров исследовал прочность и жесткость гибких элементов волновых передач. В.П. Дергунов и С.П. Заякин провели экспериментальное и теоретическое исследование неконсервативных задач устойчивости упругих и вязкоупругих панелей и оболочек при квазистатическом нагружении их средами различной физической природы. Разработан метод решения задач устойчивости панелей и оболочек при учете характера нагружения и физических свойств нагружающей среды, показано существенное влияние этих факторов на процесс потери устойчивости и значения критических нагрузок и прогибов, что дает возможность более точно рассчитывать режим работы контрольно-измерительных приборов, в которых панель или оболочка является рабочим элементом.

В 1970-х годах научные исследования кафедры в значительной степени были связаны с проектированием и расчетом большой серии кузовов автомобилей специального назначения, которые изготавливались на многих заводах. Значительный вклад кафедра внесла в расчетную практику проектирования и расчетов цилиндрических реакторов для нефтяной промышленности. В эти же годы на базе испытательной машины УМЭ-10ТМ разработана установка, позволяющая проводить испытания образцов материала для определения параметров функционала пластичности при сложных путях нагружения и нагреве.

К 1980 году 16 преподавателей кафедры защитили диссертации, в том



*Заведующий кафедрой с 1963 по 1983 г.,
д-р техн. наук, профессор
Н. Д. ТАРАБАСОВ*

числе четыре докторские. Для других институтов кафедра подготовила через аспирантуру 10 кандидатов технических наук.

На рубеже 1980-х годов на кафедре начали проводиться исследования с целью разработки численных алгоритмов решения задач об определении напряженно-деформированного состояния элементов конструкций, работающих за пределами упругости. На основе теории малых упруго-пластических деформаций и метода конечных элементов разработан алгоритм решения плоской задачи теории пластичности.

Кафедра сопротивления материалов всегда стремилась развивать самые передовые методы расчетов конструкций на прочность и жесткость.

В 1960-х годах на кафедре начали широко применяться численные методы. В частности, получил дальнейшее развитие метод конечных разностей. Методом конечных разностей решались вопросы исследования концентраций

напряжений. Так, например, Н.Н. Преображенским исследовалось напряженное состояние в контейнере для плоского слитка. Методом конечных разностей было также исследовано напряженное состояние в станине прессы закрытого типа. Экспериментальные исследования, проведенные в отделе прочности ВНИИметмаш, с достаточной точностью подтвердили результаты численных решений.

Начиная с конца 1970-х годов под руководством профессора В.И. Мячкова и доцента В.Б. Петрова активно развивается один из универсальных методов численного решения задач строительной механики и механики деформируемого твердого тела — метод конечных элементов. Этот метод развивается в двух основных направлениях: собственно метод конечных элементов в традиционной трактовке и сочетание метода конечных элементов с численными методами интегрирования обыкновенных дифференциальных



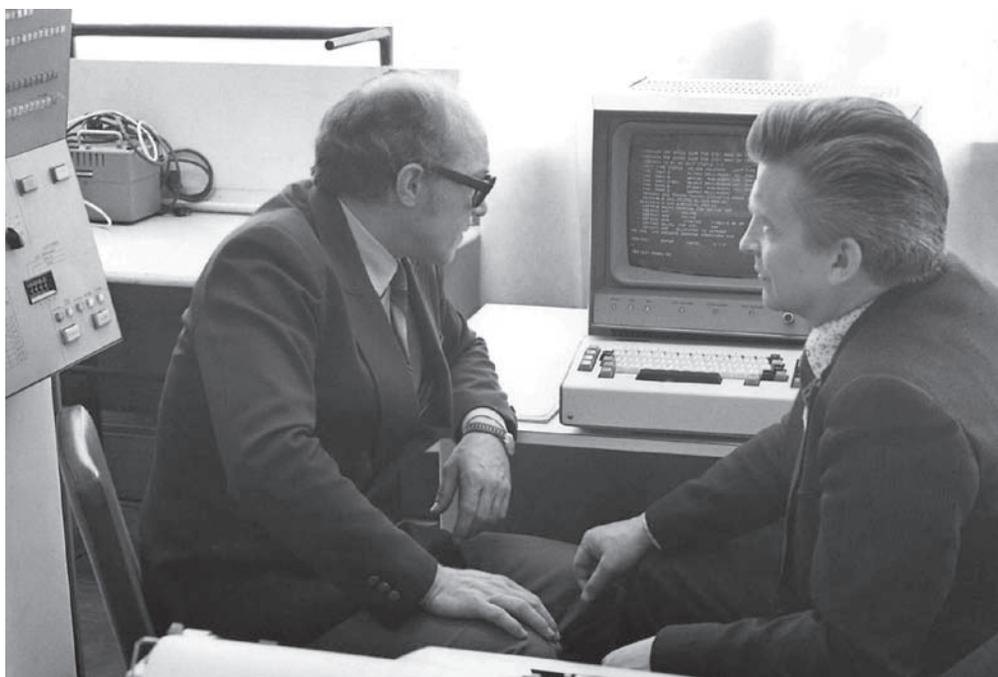
Профессора кафедры (слева направо) В.П. Копыленко, Н.Д. Тарабасов, В.И. Мяченков

уравнений для определения матриц жесткости суперэлементов.

По первому направлению, в развитие метода конечных элементов в классической трактовке, разработаны и отлажены комплексы подпрограмм по расчету плоских и пространственных стержневых систем в упругой области: по расчету плоских и пластинчатых систем в упругой области (плоская задача и изгиб); по расчету плоских пластинчатых систем в пластической области; соответствующие сервисные процедуры, позволяющие получить комплект документации по расчету проектируемой конструкции. Разработан ряд подпрограмм диагностики, позволяющих выявить формальные ошибки в исходных данных, описывающих расчетную схему

конструкции; создана первая версия подпрограммы автоматического разбиения регулярных подобластей на конечные элементы. По результатам проделанной в этом направлении работы опубликована монография и А.В. Цвелихом защищена кандидатская диссертация.

В 1980-х годах на кафедре создан вычислительный комплекс по расчету на прочность и жесткость пространственных пластинчато-стержневых систем. К такой расчетной схеме сводятся крупногабаритные и несущие конструкции тяжелых токарных станков, станины прессов и другое оборудование машиностроения. Основной вклад в разработку комплекса внесли В.И. Мяченков и В.Б. Петров. Внедрение вычислительного комплекса в расчетную



Заведующий кафедрой В.Б. Петров (справа) и доцент С.П. Заякин в вычислительном центре университета (середина 1980-х гг.)

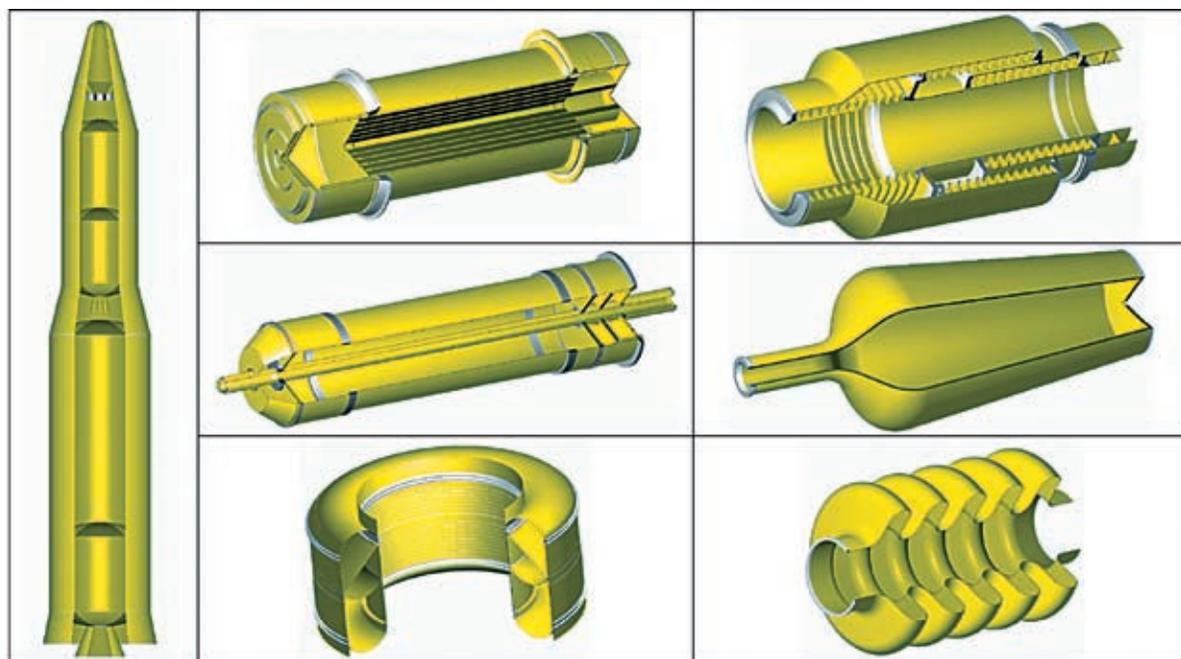
практику проектных и конструкторских организаций позволило повысить точность обработки деталей, надежность станков в эксплуатации за счет более детальной проработки различных вариантов компоновки отдельных узлов и обеспечить экономию материала.

По второму направлению, сочетающему метод конечных элементов с численными методами интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений для определения матриц жесткости суперэлементов, создан пакет подпрограмм математического обеспечения алгоритмов расчета на прочность, устойчивость и колебания тонкостенных оболочечных конструкций при тепловых и силовых, статических и динамических воздействиях. Разработан ряд алгоритмов решения задач статики и динамики тонкостенных

оболочечных конструкций. По результатам проделанной в этом направлении работы к началу 1980-х годов защищено две кандидатские диссертации.

В течение ряда лет кафедра ведет активную разработку современных численных методов с применением ЭВМ при решении актуальных задач машиностроения.

Ведущая роль в этих разработках принадлежит доктору технических наук, профессору Владимиру Ивановичу Мяченкову. В настоящее время В.И. Мяченков — заслуженный деятель науки РФ, действительный член (академик) Российской академии космонавтики имени К.Э. Циолковского, лауреат премии Совета Министров СССР за работу в области информатики. В.И. Мяченков опубликовал более 200 научных работ (из них более 30 монографий).



*Рис. 1.
Примеры осесимметричных оболочечных конструкций*

Внедрение результатов научных разработок осуществлялось путем проведения совместных исследований по договорам с НИИ и предприятиями путем издания научных монографий и статей, а также выпускаемых Госстандартом СССР методических указаний по расчету на прочность и жесткость металлоконструкций различного назначения.

Одним из наиболее сложных и ответственных этапов создания конструкции является анализ ее прочностной надежности, включающий анализ напряженно-деформированного состояния, динамических характеристик и устойчивости исследуемой конструкции.

В 1984 году специалистами ряда отраслевых НИИ, КБ и ведущих вузов страны была разработана комплексная программа перспективных исследований по автоматизации

конструирования и важнейшим проблемами, связанным с математическим моделированием отработки изделий машиностроения. Для реализации указанной программы на базе Московского станкоинструментального института был организован временный научный коллектив, объединивший усилия специалистов-конструкторов и научной школы, много лет успешно развивающей методы теоретической отработки прочности изделий машиностроения.

Первым итогом совместной работы явилось создание и внедрение в конструкторскую и расчетную практику интегрированной системы автоматизации конструирования и прочностных расчетов изделий машиностроения на базе ЭВМ ЕС (КИПР-ЕС), ориентированной на широко распространенный класс изделий — осесимметричные обо-



*Заведующий кафедрой,
д-р техн. наук, профессор
А.В. ЧЕКАНИН*

лочечные конструкции и включающей в себя новейшие результаты в области геометрического моделирования и графического отображения объектов конструирования, наиболее эффективные численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела и мощные средства интерактивного управления процессом конструирования и теоретической отработки прочности.

Система предназначена для теоретической отработки прочности широкого класса машин, аппаратов и сооружений (рис. 1).

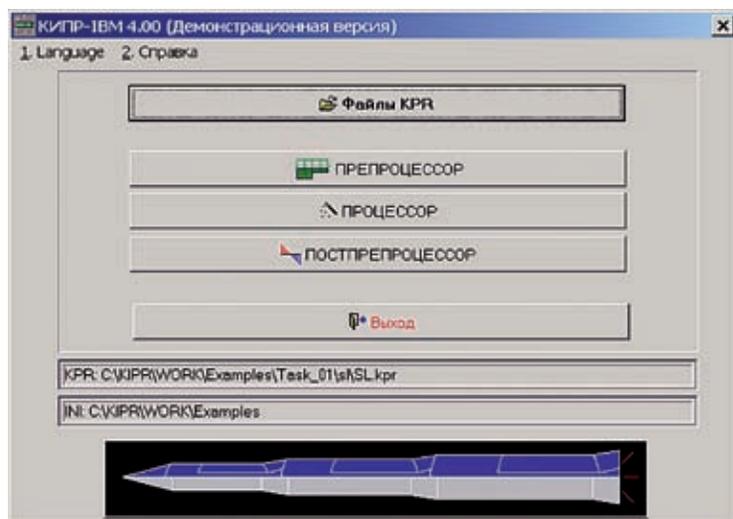
К этому классу относятся: несущие конструкции ракет и космических аппаратов; корпуса ракет и ракетных двигателей, топливных баков; сильфоны, трубопроводы; несущие конструкции атомных реакторов; доменные печи, воздухонагреватели, пылеуловители, аппараты газоочистки; компенсаторы; нефте- и бензохранилища, цистерны, газгольдеры; сосуды высокого давления,

центрифуги; химические аппараты, теплообменники; различные строительные сооружения, купола и так далее.

Универсальным численным методом решения задач статики и динамики тонкостенных пространственных конструкций, и в частности оболочечных конструкций, является метод конечных элементов (МКЭ).

Так как МКЭ является дискретным методом, то и получаемые с его помощью результаты зависят от степени дискретизации объекта расчета. Основной проблемой, возникающей при использовании программных средств, основанных на МКЭ, являются очень непростые вопросы о достоверности получаемых результатов, оценки их точности. Какая-либо автоматизация при выборе методических параметров расчета в известных нам программных средствах, основанных на МКЭ, отсутствует.

Для расчета рассматриваемого класса конструкций наиболее эффективно



*Рис. 2.
4-я версия системы КИПР-IBM
(проект)*

применение дискретно-континуальной модели. Дискретными элементами в этой модели являются оболочечный суперэлемент (оболочка вращения) и круговой шпангоут.

Применение дискретно-континуальной модели для осесимметричных оболочечных конструкций определяет основной метод решения задач статики и динамики для этих конструкций с помощью системы КИПР-ЕС.

Этим методом является метод численного интегрирования систем обыкновенных линейных дифференциальных уравнений первого порядка с ортонормированием в промежуточных узлах. Этот метод уникален в том смысле, что обеспечивает получение решения с исключительно высокой точностью.

В целом интегрированная система КИПР-ЕС представляла собой набор программных средств, выполняющих функции автоматизированного конструирования (синтез конструкций), автоматизированной подготовки расчетных схем и расчета прочностных, жесткостных и динамических

характеристик (анализ конструкции), автоматизированной подготовки расчетно-конструкторской документации. Связь между функциональными подсистемами обеспечивалась посредством оперативных баз данных, что позволяло разрабатывать новые функциональные подсистемы и через выход на базы данных общего назначения, применяемые в системах автоматизированного проектирования конкретной отрасли промышленности, обеспечивать связь с другими разработками в области автоматизации проектирования и технологической подготовки производства.

Формирование расчетной документации является одной из наиболее трудоемких, рутинных операций. Оформление отчетов, подготовка таблиц и рисунков в соответствии с требованиями стандартов отнимает у разработчика нового изделия много времени. Именно поэтому система КИПР-ЕС была программно настроена на автоматизированную подготовку документации при помощи АЦПУ

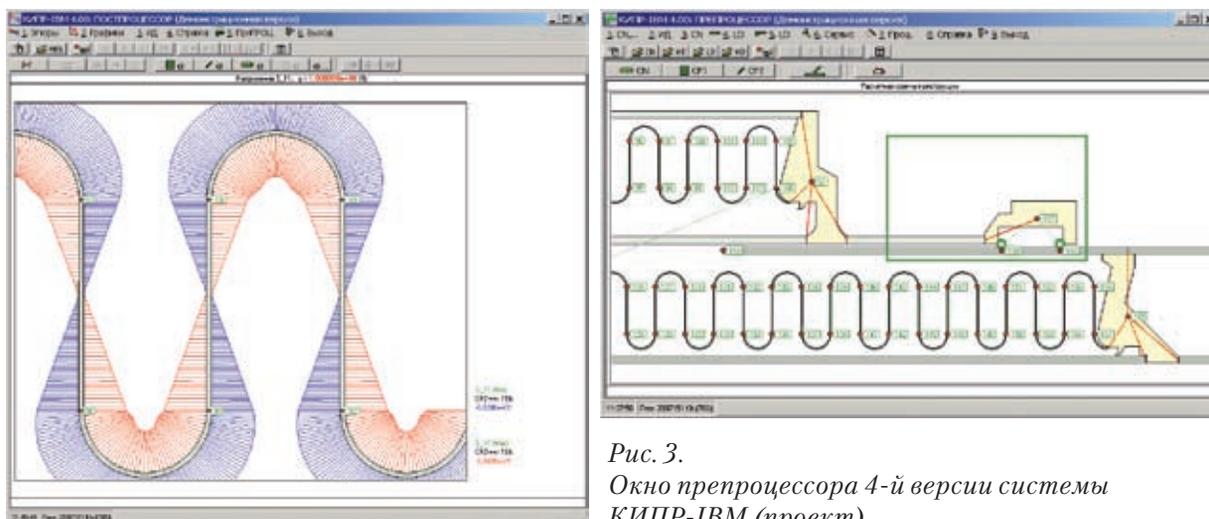


Рис. 3.
Окно препроцессора 4-й версии системы
КИПР-ИВМ (проект)

и графопостроителей, на которые выводилась проектная документация.

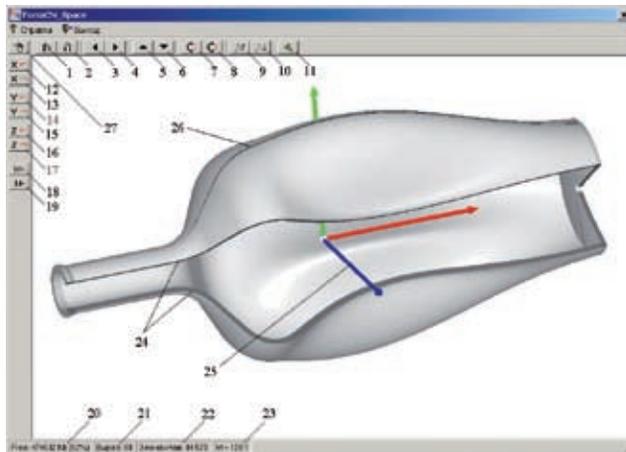
Поиск рациональных технических решений изделий машиностроительного профиля реализовывался последовательным выполнением описанных ранее операций синтеза и анализа конструкций.

Интегрированная система КИПР-ЕС предназначалась для эксплуатации на инструментальных средствах вычислительной техники, выпускаемых в странах — членах СЭВ, и была реализована в виде многоуровневой системы, что позволяло использовать ее во всех научно-исследовательских и проектных организациях различных отраслей промышленности и строительства, в подготовке инженерных и научных кадров вузами страны при любом наборе имеющихся в их распоряжении средств вычислительной техники.

Интегрированная система автоматизации конструирования и прочностных расчетов изделий машиностроения на базе ЕС ЭВМ была удостоена премии Совета Министров СССР за 1989 год.

2-я версия и 3-я версия системы автоматизации конструирования и прочностных расчетов тонкостенных многослойных осесимметричных конструкций (система КИПР-ИВМ) разработана в 1994–2002 годах на базе ИВМ-совместимых персональных компьютеров. Прототипом этой системы послужила система КИПР-ЕС. В разработке этих версий системы участвовали В.И. Мяченков (руководитель проекта), А.В. Чеканин, Г.Н. Ольшанская. Система КИПР-ИВМ внедрена в таких организациях, как НПО машиностроения (Реутов), НПО «Энергомаш» имени академика В.П. Глушко (Химки), НПО «Гидропресс» (Подольск), НТЦ «Энергокосмос» (Москва), «СвердНИИхиммаш» (Екатеринбург) и другие.

Функциональное назначение системы состоит в формировании расчетной схемы конструкции; в определении реакции конструкции (напряженно-деформированного состояния, критических нагрузок и форм потери устойчивости) на статические (силовые



*Рис. 4.
Пространственное изображение
деформированной конструкции
(проект 4-й версии системы
КИПР-ИВМ)*

и тепловые) и динамические (силовые) воздействия и ее динамических характеристик (частот и форм колебаний, амплитудно-частотных характеристик); в подготовке и выпуске расчетной документации.

Автоматическое вычисление методических параметров расчета в системе КИПР-ИВМ гарантирует не только устойчивость численного решения линейной или линеаризованной задачи на каждом шаге любого из итерационных процессов, соответствующих конкретной задаче механики деформируемого твердого тела для осесимметричных оболочечных конструкций, но и относительную погрешность решения, не превышающую 10^{-5} – 10^{-6} !!!

Опыт внедрения этой системы в расчетную практику ряда предприятий и проектных организаций различных отраслей машиностроения, ракетно-космической промышленности и атомной энергетики показал ее высокую эффективность при решении комплексных проблем, связанных с конструированием и с наиболее сложными и громоздкими процессами прочностной отработки проектируемых конструкций.

В процессе разработки этой системы профессор В.И. Мяченков подготовил более 30 кандидатов наук и 6 докторов наук (И.В. Григорьев — 1980 год; В.П. Мальцев — 1983 год; В.Б. Петров — 1985 год; С.П. Заякин — 1992 год; Г.Н. Ольшанская — 1996 год; А.В. Чеканин — 1999 год).

На программный комплекс КИПР-ИВМ 3.1 (3-я версия системы) получен аттестационный паспорт № 173, выданный НТЦ по ядерной и радиационной безопасности. Этим самым разрешается использование программного комплекса КИПР-ИВМ 3.1 как официального расчетного средства на всех предприятиях Министерства РФ по атомной энергии (Минатом).

В настоящее время проводится дальнейшая модификация системы автоматизации конструирования и прочностных расчетов тонкостенных осесимметричных конструкций (КИПР-ИВМ v3.11).

Помимо этого, проводится работа по созданию 4-й версии системы автоматизации конструирования и прочностных расчетов тонкостенных многослойных осесимметричных конструкций (КИПР-ИВМ 4.0) (рис. 2–4).

НАУЧНАЯ ШКОЛА КАФЕДРЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ И ЗАЦЕПЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ»

Основателем научной школы является доктор технических наук, профессор Александр Федорович Николаев.

Выпускник МГУ имени М.В. Ломоносова, А.Ф. Николаев работал на кафедре теоретической механики Станкина со дня его основания. В 40-х и 50-х годах прошлого века профессор А.Ф. Николаев занялся вопросами теории пространственных зацеплений. Бурный рост промышленности требовал применения зубчатых передач с линейным касанием и поверхностями, обеспечивающими высокую износостойкость и плавность передачи. Между тем теория зацепления на тот период не имела достаточно удобных методов для решения целого ряда практических вопросов, особенно в области пространственных зацеплений.

В теории зацепления были известны два способа образования сопряженных поверхностей, появившиеся еще в середине XIX века (принципы Оливье). Первый давал возможность получить две сопряженные поверхности как взаимогогибающие поверхности в относительном движении одной по отношению к другой. Вторым способом позволяло найти такие две сопряженные поверхности, из которых каждая является огибающей в относительном движении некоторой третьей вспомогательной поверхности.

А.Ф. Николаев разработал новый, наиболее общий способ образования сопряженных поверхностей, из которого вышеуказанные два первых способа получаются как частные случаи. В этом новом способе каждая из сопряженных поверхностей образуется своей



*Д-р техн. наук, профессор
А.Ф. НИКОЛАЕВ*

инструментальной поверхностью, причем эти инструментальные поверхности должны быть между собой сопряженными. Решение было получено кинематическим методом, в основу которого положено геометрическое изображение кинематического винта в виде двух вращений вокруг перекрещивающихся осей (диаграмма винта).

Диаграмма винта рассматривалась как кинематическая схема образования сопряженных линейчатых поверхностей с линейным касанием.

Применяя диаграмму винта к сложению и разложению движений твердого тела, профессор А.Ф. Николаев получил различные кинематические схемы для определения сопряженных поверхностей с линейным и точечным касанием. Разработанная им методика расчета позволила дать конкретные рекомендации по выбору инструмента для получения различных сопряженных поверхностей.

Таким образом, А.Ф. Николаев более чем через 100 лет после опубликования принципов Оливье о первых двух способах образования сопряженных поверхностей показал, что они не исчерпывают всех возможных способов их получения. Это поистине прорывное решение показало, что в теории зацепления есть еще много задач, которые надо решать.

Большой вклад в развитие теории проектирования металлорежущего инструмента внес заведующий кафедрой теоретической механики (1963–1982), заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор Василий Сергеевич Люкшин.

Выпускник Саратовского государственного университета и аспирантуры МГУ имени М.В. Ломоносова, В.С. Люкшин наряду с фундаментальными исследованиями в области теории систем дифференциальных уравнений с частными производными



*Заслуженный деятель науки и техники РФ,
д-р техн. наук, профессор
В.С. ЛЮКШИН*

с середины 30-х годов XX века увлекается и другим научным направлением — применением дифференциальной геометрии к теории проектирования металлорежущего инструмента. Начало этой деятельности следует отнести к 1935 году, когда по просьбе заведующего кафедрой инструментального производства профессора И.И. Семенченко Василий Сергеевич начинает читать курс лекций для аспирантов-инструментальщиков.

Именно в это время В.С. Люкшин дает строгое математическое изложение теории формообразующих поверхностей, теории огибающей семейства линий и поверхностей, предлагает математическое описание метода обкатки в теории инструмента.

Результатом исследований В.С. Люкшина в этом направлении была подготовка и защита докторской диссертации «Теория винтовых поверхностей и ее применение к проектированию

режущих инструментов». В диссертации дано полное изложение теории обыкновенных винтовых поверхностей, оригинальные результаты по геометрии на различных поверхностях (винтовых обыкновенных, переменного шага, круговых), изложена теория матриц с применением к теории формообразования инструмента и теория зацепления, а также теория огибающих поверхностей: классическая и новая кинематическая. Показано применение новой теории как в случае огибающих однопараметрических семейств (линейное касание), так и в случае двухпараметрических семейств (точечное касание). В классической теории огибающей приведены достаточные условия существования огибающих поверхностей, когда последние заданы векторными уравнениями.

Основные результаты этого направления научной деятельности профессора В.С. Люкшина изложены



*Д-р техн. наук, профессор
Г.И. ШЕВЕЛЕВА*

в монографии «Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов» (1968), которая стала настольной книгой для инженеров-инструментальщиков, занимающихся проектированием нового металлорежущего инструмента.

В последующие годы профессор В.С. Люкшин занимался совершенствованием кинематической теории огибающей и решением целого ряда прикладных задач. Устанавливаются прочные творческие связи с инструментальными заводами и научно-исследовательскими институтами. Под научным руководством В.С. Люкшина защищается ряд кандидатских диссертаций.

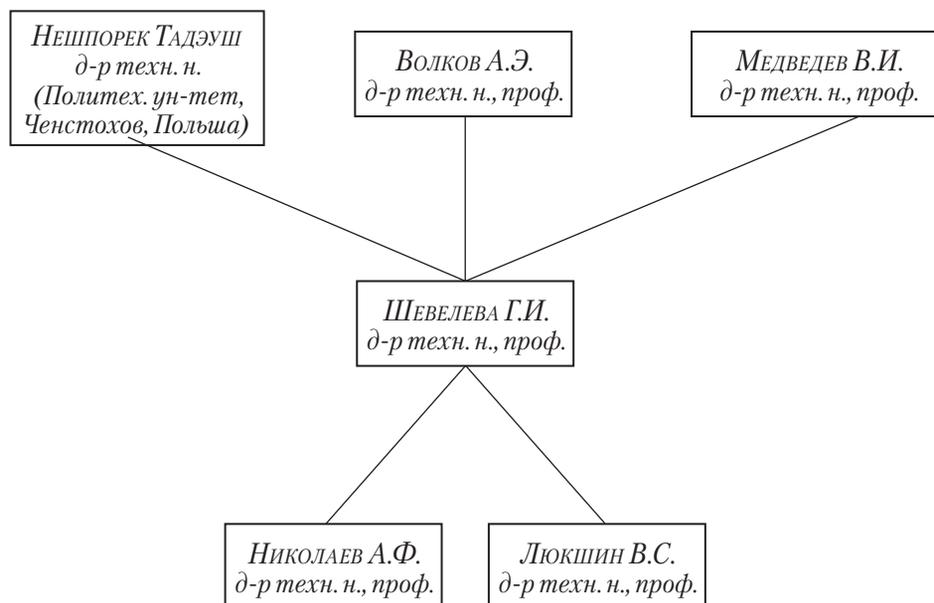
Таким образом, благодаря научной деятельности А.Ф. Николаева и В.С. Люкшина в 50–60-е годы прошлого века на кафедре формируется научная школа по математическому моделированию технологических процессов

формообразования зубчатых колес и профилирования металлорежущего инструмента для их изготовления.

К 60-м годам прошлого века в мировой практике активно применялись зубчатые передачи пространственного зацепления, спроектированные не по принципам Оливье — Николаева. К таким передачам относились прямозубые конические передачи Revacycle, конические и гипоидные передачи с круговыми зубьями и другие. Эти передачи обладали рядом преимуществ по сравнению с точно сопряженными.

Разработкой математических моделей изготовления таких передач занялась аспирантка профессора А.Ф. Николаева Галина Ивановна Шевелева (Лукина).

Доктор технических наук, профессор Г.И. Шевелева после окончания аспирантуры Станкина (1957) проработала на кафедре теоретической механики почти 50 лет. Еще в конце 60-х годов



Г.И. Шевелева предложила методы решения задач синтеза и анализа зубчатых передач зацеплением с помощью разложения функций в степенные ряды.

К несомненным достижениям Г.И. Шевелевой относятся оригинальные методы решения нескольких сложных технических задач, поставленных промышленностью.

При внедрении на отечественных автомобильных заводах процесса Revacycle для обработки прямозубых конических колес дифференциала заднего моста автомобиля наши специалисты столкнулись с появлением дефекта формообразования в виде среза части боковой поверхности зуба одним из резцов фрезы-протяжки. Такое явление не удавалось объяснить с использованием классической теории огибающих. Именно для решения этой задачи Г.И. Шевелевой была создана новая теория обволакивающих, в рамках которой предложена математическая модель

и разработан алгоритм процесса съема металла с заготовки многолезвийным инструментом, каковым является фреза-протяжка.

Новая математическая модель дала возможность определять толщину стружки, срезаемой каждым резцом фрезы-протяжки, определять нагрузку на каждый резец, вычислять величину огранки на боковой поверхности зубьев, разработать методику расчета параметров фрез-протяжек, а главное, теоретически объяснить явление срезов и предложить методику их устранения.

Оригинальные работы по синтезу прямозубых конических передач, нарезаемых методом Revacycle, нашли не только теоретическое признание, но и были успешно применены на советских (СИЗ, «Ижмаш», СЗТЗС) и польских заводах.

В последовавшую эпоху всеобщей компьютеризации процессов технологической подготовки производства

предложенные Г.И. Шевелевой методы оказались особенно востребованы. Г.И. Шевелева стала основателем нового направления в решении задач синтеза и анализа зубчатых передач путем численного моделирования процессов зубообработки и зацепления колес в паре.

Обычно для решения контактной задачи теории упругости используют решение Герца для контакта двух цилиндров, которое имеет некоторые ограничения. Решение Герца эффективно в тех случаях, когда контактная площадка мала по сравнению с размерами контактирующих тел и располагается вдали от их границ. Особенность решения контактной задачи в зубчатых передачах состоит в том, что зона контакта зубьев заранее не известна. Кроме того, она может располагаться вблизи границы зуба (кромочный контакт) и иметь размеры, сопоставимые с размерами зуба.

Г.И. Шевелева предложила новое решение контактной задачи теории упругости методом последовательного нагружения. В алгоритме предусматривалось итерационное возрастание нагрузки на зуб и последовательное на каждом шаге определение контактной площадки и распределения давлений по ней. Итерационный процесс заканчивался, когда нагрузка достигала заданного значения.

Г.И. Шевелева стала подлинным организатором и руководителем научной школы по проектированию и расчету зубчатых передач. Главным практическим результатом научных исследований в этом направлении стало создание программного комплекса (ПК) «Эксперт», предназначенного для подготовки

производства конических и гипоидных передач с круговыми зубьями. ПК «Эксперт» не уступает лучшим мировым аналогам, которые разработаны мировыми лидерами в области изготовления зубообрабатывающих станков — фирмами Gleason (США) и Klingelberg (Германия). Программный комплекс используется на авиационных и машиностроительных отечественных предприятиях, в частности ОАО «Красный Октябрь», Электростальском заводе тяжелого машиностроения, ЦС «Звездочка» и других.

Под научным руководством Г.И. Шевелевой было выполнено и успешно защищено две докторские и одиннадцать кандидатских диссертаций, в том числе в Польше.

Галина Ивановна уделяла много внимания своим ученикам и гордилась ими. Среди учеников профессора Г.И. Шевелевой директор Института технологии машин и автоматизации производства Политехнического университета города Ченстохов (Польша) Тадэуш Нешпорек.

В процессе многолетнего сотрудничества между Станкином и Ченстоховским политехническим университетом Т. Нешпорек неоднократно в 80-е и 90-е годы XX века проходил стажировку в Станкине под руководством Г.И. Шевелевой. За это время он подготовил и защитил кандидатскую (1983) и докторскую (1999) диссертации. Круг его научных интересов — решение задач синтеза и анализа конических и червячных передач.

В 1985 году за создание мастер-станков и технологии изготовления особо точных делительных пар, обеспечивших машиностроение прецизион-

ными зубообрабатывающими станками, Г.И. Шевелевой присуждена премия Совета Министров СССР.

Сформированная Г.И. Шевелевой научная школа продолжает успешно развиваться на кафедре теоретической механики и в настоящее время. Научную работу в области развития теории зубчатых зацеплений продолжают ученики Галины Ивановны — доктора технических наук, профессора А.Э. Волков и В.И. Медведев.

Андрей Эрикович Волков по окончании в 1978 году механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова поступил на кафедру теоретической механики Московского станкоинструментального института, где и работает по настоящее время.

Математическое образование А.Э. Волкова позволило ему еще в аспирантуре с успехом решить сложную техническую задачу расчета параметров комплекта фрез-протяжек для обработки прямозубых конических колес Revacycle. При этом обработка зубчатых колес фрезами-протяжками обеспечивала не только отсутствие дефектов формообразования (срезов), но и локализацию контакта в передаче.

А.Э. Волков разработал две математические модели процесса кругового протягивания прямозубых конических колес фрезами-протяжками. Одна модель соответствует американской технологии фирмы Gleason. Она применяется на самой фирме Gleason, а также на заводах других стран, оснащенных американскими станками Revacycle, в том числе на ВАЗе.

Созданный совместно с Т. Нешпо-реком на основе первой математической модели программный комплекс

апробирован и используется на фирме Vesta Works Ltd (Варшава, Польша).

Вторая модель описывает отечественную технологию, применяемую на большинстве российских заводов. Разработанная на базе этой модели А.Э. Волковым программа «Сетка», предназначенная для синтеза и анализа конических прямозубых передач Revacycle, была успешно протестирована и внедрена в СКБ ЗС (г. Саратов).

А.Э. Волков является соавтором ПК «Эксперт». Результатом его многолетних научных исследований явилась успешная защита докторской диссертации (2002) на тему «Повышение эффективности моделирования процессов формообразования и анализ работы конических и гипоидных зубчатых передач на стадии подготовки производства».

В качестве научного руководителя А.Э. Волков подготовил трех кандидатов наук. Он неоднократно руководил научно-исследовательскими работами с различными промышленными предприятиями: ОАО «ЭЗТМ», ЦС «Звездочка», ЗАО «МСЗ-Салют».

Владимир Иванович Медведев в 1971 году окончил физико-технический институт и с 1986 года работает на кафедре теоретической механики Станкина. В.И. Медведев является профессором кафедры, доктором технических наук (2004).

В.И. Медведев является специалистом по расчету на прочность оболочечных конструкций, решению трехмерных задач теории упругости, математическому моделированию процессов формообразования и контакта зубьев в зубчатых передачах. Он разработал методику расчета напряженно-

деформированного состояния зуба, основанную на том, что нагрузки на зубья в процессе зацепления определяются с помощью решения Герца задачи о контакте зубьев. Напряженно-деформированное состояние зуба под действием найденной нагрузки определяется методом конечных элементов.

В.И. Медведев является соавтором ПК «Эксперт». Для конических передач с круговыми зубьями им разработаны оригинальные алгоритмы технологического синтеза и эффективный алгоритм напряженного состояния зубьев с учетом реальной формы боковых поверхностей зубьев и многопарного контакта, предложены методики проекторочного и поверочного расчета.

По заказу промышленности В.И. Медведев разработал методику выбора оптимального радиуса закругления вершины режущей кромки инструмента, обеспечивающего минимальные изгибные напряжения и отсутствие интерференции при зацеплении. Им разработана математическая модель и создано программное обеспечение по расчету наладок для компенсации погрешностей зубообрабатывающего оборудования с использованием координатно-измерительной машины.

В качестве научного руководителя В.И. Медведев подготовил одного кандидата наук.

Научной школой установлены и поддерживаются творческие связи с рядом ведущих предприятий России-

ской Федерации: ОАО «Центр судоремонта «Звездочка» (Северодвинск), ОАО «Московский вертолетный завод им. М.Л. Миля», ОАО «Красный Октябрь» (Санкт-Петербург), ЗАО «МСЗ-Салют» (Москва), ОАО «ЭЗТМ» (Электросталь) и другими.

За последние годы представителями научной школы кафедры теоретической механики проведена следующая работа: ПК «Эксперт» адаптирован к технологии нарезания зубчатых колес, принятых в ЦС «Звездочка», выполнен расчет наладок для всех операций обработки зубьев нескольких конических пар (ОАО «Красный Октябрь»), определены оптимальные размеры и положение пятна контакта передачи редуктора вертолета (МВЗ им. Миля), проведен расчет контактных и изгибных напряжений различных вариантов конструируемой передачи в ОАО «ЭЗТМ», разработано программное обеспечение для зубошлифовальных станков с ЧПУ для шлифования косозубых цилиндрических эвольвентных колес с помощью абразивного круга и абразивного червяка (ЗАО «МСЗ-Салют»).

В дальнейшем область исследований научной школы будет расширена за счет включения проблем оптимизации технологических и конструктивных параметров конических зубчатых передач, а также проблем синтеза и анализа цилиндрических передач с локализованным контактом.

В 2014 году кафедры "Теоретическая механика" и "Сопротивление материалов" объединены в одну кафедру теоретической механики и сопротивления материалов.