

АВТОРСКИЙ ОБЗОР

нового издания (2022 года) первоначального расширенного варианта (1993 года)

(Гелимсон Лев Г. **Обобщение аналитических методов решения задач прочности** типовых элементов конструкций в технике высоких давлений: **автореферат** диссертации на соискание учёной степени **доктора** технических наук: 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры». Мюнхен: Изд-во Всемирной Акад. наук «Коллегиум», 1993, 1994, 2022. 64 с.)

автореферата для успешной защиты 9 июня 1994 года на заседании Специализированного учёного совета Д 016.33.01 при Институте проблем прочности Академии Наук Украины (председатель Совета и научный консультант соискателя – основатель и бывший бессменный директор Института, бывший первый вице-президент Академии Наук Украины, академик АН

Украины, доктор технических наук, профессор Георгий Степанович ПИСАРЕНКО; заместитель председателя Совета и председатель заседания – директор Института, академик АН Украины, доктор технических наук, профессор Валерий Трофимович ТРОЩЕНКО)

Аннотация. Созданы и развиты иерархические математическая, метрологическая, оптико-механическая и прочностная системы принципиально новых основополагающих общих теорий, методологий и методов как теоретический фундамент для разработки теорий (с открытием и обоснованием систем принципиально новых явлений и законов) и простых замкнутых общих аналитических методов рациональных комплексных инженерных исследования, проектирования и управления системами напряжённо-деформированных состояний и процессов, жёсткости, прочности и оптических свойств именно существенно трёхмерных несущих и светопрозрачных элементов техники высоких давлений, в частности с концентраторами напряжений, трением и взаимными сцеплением и проскальзыванием.

Ключевые слова: математика, метрология, механика деформируемого твёрдого тела, теория упругости, функция напряжений Лява, существенно трёхмерное цилиндрическое тело, теория прочности, критерий предельных состояний, переменное нагружение, разрушение, оптика, расфокусировка, формула Ламе, составной цилиндр, Гадолин, решение Кирша, циклически симметричная концентрация напряжений. УДК 539.3, 539.4, 539.5

Ph. D. & Dr. Sc. Lev Grigorevic Gelimson (Director, Academic Institute for Creating Universal Sciences, Munich, Germany). GENERALIZATION OF ANALYTICAL METHODS FOR SOLVING STRENGTH PROBLEMS OF TYPICAL STRUCTURAL ELEMENTS IN HIGH PRESSURE ENGINEERING:

Dr. Sc. Dissertation in Engineering: Abstract: 01.02.06 “Dynamics, strength of machines, instruments and apparatuses” in Engineering in the section “Physical and Mathematical Sciences” by the Highest Attestation Commission Classifier

Abstract. The fundamentals of the hierarchical mathematical, metrological, optical-mechanical and strength systems of principally new general theories, methodologies and methods have been created and developed as a theoretical foundation for creating theories (with the discovery and justification of systems of fundamentally new phenomena and laws) and simple closed general analytical methods of rational integrated engineering investigation, design and control of the systems of the stress-strain states and processes, strength and optical properties of typical essentially three-dimensional load-bearing and transparent elements and systems of various configurations in high-pressure engineering also with stress concentrators, friction and mutual adhesion and slippage.

Keywords: mathematics, metrology, solid mechanics, elasticity theory, Love stress function, essentially three-dimensional cylindrical body, strength theory, limit state criterion, variable loading, fracture, optics, defocusing, Lamé formula, compound cylinder, Gadolin, Kirsch solution, cyclically symmetric stress concentration. UDC 539.3, 539.4, 539.5

Publishing House of the All-World Academy of Sciences “Collegium”, Munich, 1993, 1994, 2022

Актуальность диссертации для динамики и прочности машин, приборов и аппаратуры: создание фундамента общих аналитических методов простого замкнутого комплексного решения задач механики, прочности и оптики и рационального проектирования существенно трёхмерных несущих и светопрозрачных элементов и систем техники высоких давлений, для испытания численных и совершенствования экспериментальных методов исследования.

Автореферат ясно излагает сущность и все главные результаты диссертации, цель которой – создание, основоположение и практически целесообразное идейное развитие иерархических математической, метрологической, оптико-механической и прочностной систем принципиально новых общих теорий, методологий и методов как теоретического фундамента разработки теорий и простых замкнутых общих аналитических методов рациональных комплексных инженерных исследования, проектирования и управления системами напряжённо-деформированных состояний и процессов, жёсткости, прочности и оптических свойств существенно трёхмерных пластичных и хрупких несущих и светопрозрачных элементов и систем различных конфигураций в технике высоких давлений, в том числе с концентраторами напряжений, трением и взаимными сцеплением и проскальзыванием.

Основные задачи данной докторской диссертации, вытекающие из этой цели – создание принципиально новых общих теорий, методологий и методов и их систем. Среди них –

1. Математическая система принципиально новых общих теорий, методологий и методов:

- 1.1) теория количественных множеств с любыми количествами элементов для всеобщих законов сохранения и для моделирования любых совокупностей с развитием теории Кантора;
- 1.2) теория общих математических задач как количественных множеств функциональных отношений с известными операторами над искомыми функциями известных аргументов;
- 1.3) теории полной линейности оператора и полных линейных независимости и зависимости даже для бесконечной линейной комбинации, при которых из её аннулирования непременно следует или не обязано следовать соответственно аннулирование всех её коэффициентов;
- 1.4) теория собственной совокупности видов (классов), в т. ч. собственного вида (класса), функций для множества операторов (глубокое обобщение собственной функции оператора);
- 1.5) полная линейно-комбинационная методология решения общих математических задач и для общих решений общим (полу)степенным методом гармонического и бигармонического уравнений в (полу)степенных рядах как собственных классах функций для операторов;
- 1.6) целочастичная (парциальная) методология с разбиением системы функциональных отношений задачи на разрешающую подсистему простейших отношений и на остаточную оценочную подсистему сложнейших отношений, в т. ч. для общего интегрального метода;
- 1.7) теория простого (на единый ненулевой множитель) и сложного (на свои ненулевые множители для различных отношений) умножения системы отношений наподобие простого и сложного нагружений в механике и общая теория дополнительных альтернативных новых действий (минус-умножения и минус-деления, минус-остепенения и минус-укоренения) с обобщением степенных, показательных, степенно-показательных функций на отрицательные основания для критериев прочности ввиду её повышения при равном трёхосном сжатии.

2. Метрологическая система принципиально новых общих теорий, методологий и методов:

- 2.1) общие теории и методы измерения физических величин, оценки и исправления погрешностей усреднения при измерениях неоднородных распределений, в частности
 - 2.1.1) теория самопогрешности, открытие явления принципиально новой самопогрешности физической величины и реального объекта с невязкой сопряжения его и идеальной расчётной схемы и понятиями действительной единоразмерности и практической несоизмеримости;
 - 2.1.2) теория искажения данных при измерениях существенно неоднородных распределений;
 - 2.1.3) теория погрешностей усреднения при измерениях явно неоднородных распределений;
 - 2.1.4) теория обращения общего оператора усреднения с решением проблем существования, единственности и точного или приближённого построения такого обращения;
 - 2.1.5) теория и методы определения коэффициентов мультипликации, дающих наибольшее значение измеряемой неоднородно распределённой величины по измеренным её значениям;
 - 2.1.6) теория и методы определения коэффициентов мультипликации для концентрации напряжений при электротензометрии в двумерных расчётных схемах и трёхмерных объектах;
- 2.2) общие теории неточных псевдорешений, их наилучших квазирешений, их приближений, всеобщей погрешности как меры неточности, обобщающей нечёткую приближённость, с мерой несовместности противоречивой задачи, в частности переопределённой задачи при обработке данных, и с общими методами дополнительной косвенной аналитической оценки;

- 2.3) общая теория запаса с общей методологией всеобщего запаса (обобщением всеобщей погрешности впервые измеряющего надёжность точности для суперпсевдорешения задачи), мультипликативной и аддитивной методологиями общего запаса как функции индивидуальных запасов множеств значений независимых переменных в гильбертовых пространствах, с непрерывными всеобщей логикой и иерархиями псевдоправильности, псевдоточности и псевдорешений и с открытием философского закона перехода анализа как общенаучного метода от качественного различия к количественному измерению различий;
- 2.4) общие теории и методы наилучших аналитических приближений к дискретным экспериментальным данным с их разбросом при опоре на лучшие из них и при взвешенном учёте всех данных без исключения выбросов, в т. ч. для методов исследований напряжённно-деформированных состояний и прочности конструкций при высоких давлениях, в частности
- 2.4.1) общая теория анализа приемлемости методов обработки данных с доказанными изъянами абсолютной и относительной погрешностей и метода наименьших квадратов;
- 2.4.2) теории и общие методы наименьших нормально взвешенных степеней, уравнивания отношений общей задачи и выравнивания их частных погрешностей;
- 2.4.3) теория и общие методы взвешивания данных для опоры на лучшие из них при учёте всех данных с формулами метода наименьших квадратов без его произвольных выбросов;
- 2.4.4) теория и общие методы простейших приближений полной кривой усталости Вёлера.
3. Оптико-механическая система принципиально новых общих теорий, методологий и методов:
- 3.1) теория открытых закономерных инвариантных самопредельных всеобщих напряжений;
- 3.2) теория открытых иерархичности типов схем нагружения, общего, основного типов схем;
- 3.3) общие (полу)степенной и интегральный аналитические методы макроэлементов как (полу)степенная и интегральная модификации аналитической методологии макроэлементов;
- 3.4) теории и методы минимизации и устранения невязок сопряжения решений для макроэлементов разбиения трёхмерного тела между собой и с граничными условиями;
- 3.5) теории осесимметричного изгиба равномерным давлением на одно основание сплошного и кольцевого трёхмерных цилиндрических тел при различных условиях уравнивания;
- 3.6) теории принципиально трёхмерных напряжённно-деформированных процессов составного цилиндра конечной длины при его тепловой сборке и запрессовке с понятиями напрягающе-деформирующего процесса и остаточно-рабочего простого нагружения;
- 3.7) теория влияния осесимметричного изгиба именно существенно трёхмерного сплошного цилиндрического тела, в том числе светопрозрачного элемента, на его оптические свойства.
4. Прочностная система принципиально новых общих теорий, методологий и методов:
- 4.1) общая теория прочности материалов с открытием первых всеобщих прочностных законов природы во всеобщих напряжениях, в том числе исправляющим и обобщающим приведением к ним известных критериев предельных состояний и прочности, в частности
- 4.1.1) теории прочности постоянно нагруженных изотропных или анизотропных материалов, одинаково или различно сопротивляющихся растяжению и сжатию, и общие методы приведения напряжений к скалярным всеобщим напряжениям для таких материалов;
- 4.1.2) теория прочности переменного нагруженных любых материалов и общие методы приведения напряжённых процессов к постоянным векторным всеобщим напряжениям;
- 4.1.3) методология (теория и общие методы) исправления критериев предельных состояний с общим понятием линейно прочного материала (и тела);
- 4.1.4) методология (теория и общие методы) универсализации прочностных данных;
- 4.1.5) методология открытия всеобщих прочностных законов природы и их иерархий;
- 4.2) общая теория прочности объектов с обобщениями всеобщих прочностных законов природы на неопредельные состояния с запасом прочности при сложном нагружении, в т. ч.
- 4.2.1) теории равносильной множественности и выбора критерия предельных состояний;
- 4.2.2) теории мультипликативного и аддитивного запасов любого неопредельного состояния;
- 4.2.3) теория частных запасов, в том числе выражаемых через единый для них запас, с учётом наиболее опасного сочетания взаимно независимых нагрузок при сложном нагружении;

4.2.4) теория выбора всеобщего прочностного закона природы для задачи прочности объекта;
4.2.5) теории прочности существенно трёхмерных тел различных конфигураций, в том числе с концентраторами напряжений, трением и взаимными сцеплением и проскальзыванием;
4.2.6) методология построения простых замкнутых (общих) аналитических методов решения и решений существенно трёхмерных (типов соответственно) задач механики и прочности.

5. Методология открытия и обоснования механической, прочностной и оптической систем принципиально новых явлений и законов напряжённо-деформированных состояний, жёсткости, оптики, прочности, запаса и разрушения существенно трёхмерных тел с уточнением и развитием классических закономерностей и методология открытия системы всеобщих явлений и законов.

6. Методология проверки приемлемости созданных математической, метрологической, оптико-механической и прочностной систем многовариантных общих теорий, методологий и методов.

7. Теории функционально допустимого и технологически осуществимого рационального комплексного управления напряжённо-деформированными состояниями, прочностью и оптикой именно существенно трёхмерных несущих и светопрозрачных элементов и систем различных конфигураций, в том числе с концентраторами напряжений, трением, сцеплением и проскальзыванием.

8. Методы рационального комплексного проектирования (с учётом открытых явлений и законов напряжённо-деформированных состояний, жёсткости, оптики, прочности, запаса и разрушения) с внедрением эффективных существенно трёхмерных реальных конструкций для высокого давления, в т. ч. защищённых авторскими свидетельствами на изобретения.

В основе настоящей докторской диссертации лежит общий принцип допустимой простоты: при необходимости и возможности выбирается простейшее аналитическое выражение помимо заведомо несоответствующих известным данным. В механике деформируемого твёрдого тела этот принцип предписывает выбирать при необходимости и возможности для произвольного напряжения простейшее статически возможное (удовлетворяющее уравнениям равновесия и граничным условиям) аналитическое представление.

Главные выдвинутые и осуществлённые идеи настоящей докторской диссертации:

идея любой количественности элементов для моделирования произвольных совокупностей с всеобщими законами сохранения, обобщением и развитием теории множеств Кантора;
идея минус-остепенения умножением функции знака основания на степень его модуля;
идея общих математических задач как множеств функциональных отношений (уравнений, неравенств) с известными операторами над искомыми функциями известных аргументов;
идея возможного обесконечивания линейных комбинаций для полной линейности оператора и для полноты линейной независимости и линейной зависимости;
идея собственной совокупности видов (классов) функций для множества операторов;
идея разбиения задачи на простейшую разрешающую и сложнейшую оценочную подзадачи;
идея всеобщей погрешности как меры неточности, обобщающей нечёткую приближённость, с дополнительной косвенной оценкой их и меры несовместности противоречивой задачи;
идея окрестности и запаса произвольного множества относительно допускаемого множества;
идея общего запаса как функции индивидуальных запасов независимых переменных;
идеи всеобщего запаса (меры надёжности точности суперпсевдорешения как всеобщей погрешности противоречащего, как её противоположности при неточности) с непрерывными всеобщей логикой и иерархиями псевдоправильности, псевдоточности и псевдорешений;
идеи принципиальной самопогрешности любых физической величины и реального объекта;
идея исправления погрешностей усреднения при измерениях неоднородных распределений;
идея выравнивания частных погрешностей отношений общей математической задачи;
идея уравнивания отношений общей математической задачи между собой;
идея нормального взвешивания данных для опоры именно на лучшие из них при учёте всех;
идеи иерархичности типов схем нагружения тела и существования основного типа, алгебраические суммы схем которого исчерпывают общий тип;

идея обобщения полиномиальных методов общим (полу)степенным методом с решениями в (полу)степенных рядах с учётом полной линейной независимости степенных функций;

идеи плоско точных (на плоских основаниях) неплюско приближённых (на цилиндрических поверхностях) граничных условий сплошного/кольцевого трёхмерных цилиндрических тел;

идея взятия сдвигового напряжения функцией напряжений для общего интегрального метода;

идея многовариантности методов минимизации среднеквадратично, минимаксами модулей и коллокационно невязок сопряжения аналитических решений для макроэлементов тела;

идея устранения таких минимизированных невязок сопряжения аналитических решений;

идея кратного снижения максимума рабочих расфокусировок изображений подводных объектов предварительной (противоположной средней рабочей) расфокусировкой системы;

идея линейных увеличений радиального натяга на торцевых участках проскальзывания слоёв составного цилиндра конечной длины для равномерности их контактного давления и для равнопрочности вдоль оси с учётом трёхмерных процессов тепловой сборки и запрессовки;

идея закономерного единства критериев предельных состояний (и критериев прочности) для различных материалов и условий нагружения как всеобщих прочностных законов природы;

идея закономерности, инвариантности, самопредельности и самоопасности безразмерного всеобщего напряжения с синхронным скалярным приведением размерного главного напряжения делением его функции на модуль функции одноосных пределов в том же направлении, в частности делением на модуль одноосного предела тех же направления и знака, в той же точке того же тела при прочих равных условиях нагружения;

идея постоянного векторного приведения к постоянному векторному всеобщему напряжению (с ординатой как амплитудой равноопасного циклического напряжения с таким же или наименее уклоняющимся средним напряжением цикла как абсциссой) напряжённого процесса (переменной программы) главного напряжения за время нагружения;

идея минус-остепенения для исправления и обобщения критериев предельных состояний;

идея обобщения всеобщих прочностных законов природы с предельных состояний также на неопредельные с запасом прочности при сложном нагружении как функцией индивидуальных запасов взаимно независимых нагрузок с учётом их наиболее опасного сочетания;

идея существования общих аналитических методов решения задач прочности для именно существенно трёхмерных осесимметричных упругих тел при типовых схемах их нагружения;

идеи существования обобщённого аналитического метода решения каждого класса задач прочности и аналитического метода решения каждой задачи прочности с инженерной точностью и простотой, соответствующей мере сложности граничных условий задач;

идея существования функционально допустимого и технологически осуществимого рационального управления прочностью и другими характеристиками каждой конструкции.

Научная новизна настоящей докторской диссертации состоит в следующем:

созданы и развиты иерархические математическая, метрологическая, оптико-механическая и прочностная системы принципиально новых основополагающих общих теорий, методологий и методов как теоретический фундамент теорий (с открытием и обоснованием систем принципиально новых явлений и законов) и простых замкнутых общих аналитических методов рациональных комплексных инженерных исследования, проектирования и управления системами напряжённо-деформированных состояний и процессов, жёсткости, прочности и оптики трёхмерных несущих и светопрозрачных элементов техники высоких давлений, в т. ч. с концентраторами напряжений, трением, сцеплением и проскальзыванием;

созданы основы теории количественных множеств с учётом любых количеств элементов для всеобщих законов сохранения, моделирования любых совокупностей и для выравнивания погрешностей отношений задачи с обобщением и развитием теории множеств Кантора;

создана теория общих математических задач как количественных множеств функциональных отношений (уравнений, неравенств) с операторами над искомыми функциями аргументов;

созданы теории полной линейности оператора и полных линейных независимости и зависимости даже для бесконечной линейной комбинации, при которых из её аннулирования следует или не обязано следовать соответственно аннулирование всех её коэффициентов;

создана теория собственной совокупности видов (классов), в частности собственного вида (класса), функций для множества операторов (обобщение собственной функции оператора); поставлена и решена проблема необходимости бигармоничности функции напряжений Лява; создана полная линейно-комбинационная методология, в т. ч. с общим (полу)степенным методом решения общих математических задач, в т. ч. гармонического и бигармонического уравнений в (полу)степенных рядах как собственных классах функций для операторов, и открыто явление ограничения сверху степени функции напряжений граничными условиями; создана целочастичная (парциальная) методология с разбиением системы функциональных отношений задачи на разрешающую подсистему простейших отношений и на остаточную оценочную подсистему сложнееших отношений, в т. ч. для общего интегрального метода; создана общая теория дополнительных альтернативных новых действий (минус-умножения и минус-деления, минус-остепенения и минус-укоренения) с обобщением степенных, показательных, степенно-показательных функций на отрицательные основания для критериев прочности ввиду повышения прочности при равном трёхосном сжатии; созданы общие теории неточных псевдорешений, наилучших квазирешений и приближений, исправляющей относительную погрешность всеобщей погрешности как меры неточности, обобщающей нечёткую приближённость, с дополнительной косвенной оценкой качества приближений, меры несовместности противоречивой задачи и переопределённой с данными; создана общая теория запаса с общей методологией всеобщего запаса (обобщением всеобщей погрешности впервые измеряющего надёжность точности для суперпсевдорешения задачи), мультипликативной и аддитивной методологиями общего запаса как функции индивидуальных запасов множеств значений независимых переменных в гильбертовых пространствах, с непрерывными всеобщей логикой и иерархиями псевдоправильности, псевдоточности и псевдорешений и с открытием философского закона перехода анализа как общенаучного метода от качественного различения к количественному измерению различий; созданы общие теории и методы измерения физических величин, оценки и исправления погрешностей усреднения при измерениях неоднородных распределений, в частности: теория и открытие явления самопогрешности физических величины и объекта с невязкой сопряжения реального объекта и его идеальной расчётной схемы по общей теории невязок сопряжения; теория погрешностей усреднения при измерениях существенно неоднородных распределений; теория обращения линейного интегрального оператора усреднения с решением проблем существования в случае дифференцируемости образа, единственности обращения с точностью до функций, для которых база измерительного прибора является периодом с нулевым средним интегральным их значением на периоде, и точного или приближённого построения такого обращения; теория и методы определения коэффициентов мультипликации, дающих наибольшее значение измеряемой неоднородно распределённой величины по измеренным её значениям, которые искажены удалением, запаздыванием и усреднением ввиду инертности и конечных размеров измерительного элемента; теория и методы определения коэффициентов мультипликации при электротензометрии, в т. ч. мест концентрации напряжений в двумерных расчётных схемах и трёхмерных реальных объектах; созданы общие теории и методы наилучших аналитических приближений к дискретным экспериментальным данным с их разбросом при опоре на лучшие из них и взвешенном учёте всех данных без исключения выбросов, в т. ч. для методов экспериментальных исследований напряжённо-деформированных состояний и прочности конструкций при высоких давлениях, в частности: общая теория анализа приемлемости методов обработки данных (доказаны крайняя узость областей пригодности абсолютной и относительной погрешностей и метода наименьших квадратов, их принципиальные изъяны и пороки вплоть до неинвариантности, нелогичности, двусмысленности, субъективизма исключения выбросов, опоры на худшие сохраняемые данные ввиду ничтожности вклада наилучших данных в сумму квадратов отклонений, минимизируемую этим методом, и даже извращений действительности); теория и общие методы наименьших нормально взвешенных степеней с опорой на всеобщую погрешность (метод наименьших квадратов опирается на абсолютную погрешность); теории

и общие методы выравнивания отношений общей математической задачи, их погрешностей; теория и общие методы взвешивания данных для опоры на лучшие из них при учёте всех данных без изъятия выбросов и при верном использовании метода наименьших квадратов; теория и общие методы аналитических приближений полной кривой усталости Вёлера; создана теория открытых закономерных инвариантных самопредельных самоопасных безразмерных всеобщих напряжений с синхронным скалярным приведением размерного главного напряжения делением его функции на модуль функции одноосных пределов в том же направлении, в частности делением на модуль одноосного предела тех же направления и знака, в той же точке того же тела при прочих равных условиях нагружения; создана теория открытых иерархичности типов схем осесимметричного (без объёмных сил и кручения) нагружения трёхмерного цилиндрического тела и существования и общего метода конструктивного определения основного типа схем (с одним свободным торцом), алгебраические суммы схем которого исчерпывают общий тип, а в технике высоких давлений являются общим тип схем с равномерным давлением на боковую поверхность и ступенчатыми давлениями на торцы и основным – с равномерными давлениями на боковую поверхность, на одно основание и на кольцевую периферическую часть другого основания; созданы общие (полу)степенной и интегральный аналитические методы макроэлементов как (полу)степенная и интегральная модификации аналитической методологии макроэлементов для впервые решаемых нетривиальных задач механики, прочности и оптики трёхмерных тел; созданы теории и аналитические методы среднеквадратичной, обеспечивающей минимум модуля и коллокационной минимизации и устранения минимизированных невязок сопряжения аналитических решений для макроэлементов разбиения существенно трёхмерного тела между собой и с граничными условиями его нагружения; созданы теории, методологии и аналитические методы решения задач о напряжённо-деформированном состоянии при осесимметричном изгибе линейно упругого трёхмерного сплошного цилиндрического тела равномерным давлением на одно основание с возможным равномерным давлением на боковую поверхность при жёстком закреплении боковой поверхности, свободном опирании по краю или по окружности меньшего радиуса или при равномерном противодействии на кольцевую периферическую часть другого основания; созданы теории принципиально трёхмерных напряжённо-деформированных процессов составного цилиндра конечной длины при его тепловой сборке и запрессовке; созданы теории комплексной оптимизации механических, прочностных и оптических свойств несущих и светопрозрачных трёхмерных элементов и систем разных конфигураций, в том числе с концентраторами напряжений, трением, сцеплением и проскальзыванием, метод и алгоритм комплексной оптимизации существенно трёхмерных сплошных цилиндрических светопрозрачных элементов иллюминаторов для высоких давлений; создана общая теория прочности материалов с открытием первых в истории всеобщих прочностных законов природы во всеобщих напряжениях, в том числе путём исправляющего и обобщающего приведения к ним известных частных критериев предельных состояний и прочности, в частности: теории прочности постоянно нагруженных изотропных или анизотропных материалов, одинаково или различно сопротивляющихся растяжению и сжатию, и общие методы приведения напряжений к скалярным всеобщим напряжениям для таких материалов; теория прочности переменного (с вращениями главных направлений напряжённого состояния в точке во времени) нагруженных любых материалов и общие методы векторного приведения к постоянному векторному всеобщему напряжению (с ординатой как амплитудой равноопасного циклического напряжения с таким же или наименее уклоняющимся средним напряжением цикла как абсциссой) напряжённого процесса (переменной программы) главного напряжения за время нагружения при постоянной нумерации главных напряжений; методология (теория и общие методы) исправления критериев предельных состояний, в т. ч. для учёта упрочняющего влияния трёхмерного равноосного сжатия, для учёта подлинных соотношений пределов прочности материала при различных видах напряжённого состояния и для верного учёта алгебраически

наибольших напряжений и деформаций; методологии (теории и общие методы) универсализации прочностных данных и критериев предельных состояний; методология (теория и общие методы) открытия всеобщих прочностных законов природы и их иерархий; открыта система явлений и законов запасов и создана общая теория прочности объектов с обобщениями всеобщих прочностных законов природы на неопредельные состояния с запасом прочности при сложном нагружении: теории равносильной множественности и выбора критерия предельных состояний; теории мультипликативного и аддитивного запасов неопредельного состояния; теория частных запасов, выражаемых через единый для них запас, для опаснейшего сочетания независимых нагрузок при сложном нагружении; теория выбора подходящего для задачи прочности объекта всеобщего критерия предельных состояний как всеобщего прочностного закона природы; теории прочности трёхмерных тел различных форм, в т. ч. с концентраторами напряжений, трением, сцеплением и проскальзыванием; показано, что для существования точного решения упругой задачи необходима и достаточна согласованность её граничных условий, установлена предельная роль линейного обобщения задачи Ламе и предложено дальнейшее обобщение её решения в приближённой форме; создан метод неопределённых граничных условий в напряжениях для смешанных упругих задач и показано, что в задаче об опёртом по краю трёхмерном цилиндрическом теле под равномерным давлением на одно основание радиальное и окружное напряжения достаточно точно определяются теорией пластин в отличие от теории плит, а равномерное сжатие торцов усечённого конического тела сопровождается его осесимметричным изгибом; открыты и обоснованы системы принципиально новых явлений и законов деформирования и оптики, прочности и разрушения именно существенно трёхмерных цилиндрических тел, в частности составных цилиндров именно конечной длины и светопрозрачных элементов иллюминаторов для высоких давлений, а также запаса и всеобщих явлений и законов; обобщены и существенно уточнены созданными общими методами расчёты трёхмерных сплошных цилиндрических тел, в частности светопрозрачных элементов иллюминаторов для высоких давлений, по сравнению с расчётами по теории пластин и по теории плит; обоснована достоверность созданных общих теорий, методологий и методов исследований напряжённо-деформированных состояний, жёсткости и оптики, прочности и разрушения трёхмерных цилиндрических тел аналитическим и численным сопоставлением с известными аналитическими методами и сравнением результатов использования созданных и классических и других известных аналитических, численных и экспериментальных методов; для тепловой сборки составного цилиндра конечной длины открыто и обосновано явление существования её критического значения, превышение которого ведёт к появлению между симметричными торцевыми участками осевого проскальзывания слоёв с экспоненциальным ростом контактного давления и модулей осевых напряжений к срединной плоскости также срединного участка взаимного осевого сцепления слоёв с равномерностью этих величин; для запрессовки составного цилиндра открыты и обоснованы явление конечности усилия запрессовки при неограниченном увеличении конечной длины цилиндра и явления общей асимметрии и частной симметрии участков осевого проскальзывания, разделённых срединным участком осевого сцепления слоёв на половине длины цилиндра при равенстве коэффициентов поперечной деформации Пуассона материалов слоёв, с экспоненциальными изменениями контактного давления и осевых напряжений на всех этих участках; обобщены установленные А. В. Гадолиным условия наилучшей сборки составного цилиндра при плоском напряжённом состоянии и статическом нагружении на существенно трёхмерный случай конечной длины цилиндра при его циклическом нагружении внутренним давлением; открыты явления и созданы методы иерархизации систем неопределённостей участков сцепления и проскальзывания и критических значений в осесимметричной термоупругой контактной задаче с трением для уплотнений с заниженными разгрузочными поясками; созданы общие методы (не)малых отверстий и сосредоточенного сопряжённого усреднения с теорией циклической прочности при концентрации напряжений циклически симметричной

системой отверстий для ограничителя и открыто явление выравнивания всех эквивалентных напряжений на поверхностях отверстий при центральном отверстии наилучшего радиуса; предложены и обоснованы новые рациональные конструкции сосудов высокого давления, иллюминаторов, съёмочного устройства, уплотнений и гермовводов, а также способ испытания, защищённые авторскими свидетельствами на изобретения.

Обоснованность настоящей докторской диссертации обеспечена опорой её общих теорий, методологий и методов на общепринятые всеобщие и общенаучные методы познания, принципы, допущения, теории, методологии и методы математики, метрологии, механики деформируемого твёрдого тела (с теориями упругости и пластичности, оболочек, пластин и плит), прочности (с теориями и критериями статической и циклической прочности) и теории оптических систем, сопоставлениями многовариантных формул и результатов между собой и с классическими и другими известными формулами, численными и опытными данными.

Достоверность полученных экспериментальных данных обеспечивается применением современных оборудования и измерительной техники, анализом точности измерений, приемлемой математической обработкой, достижением согласованности результатов, а также сопоставлением полученных экспериментальных данных с другими данными.

Практическая ценность данной докторской диссертации состоит в создании теоретического фундамента для разработки теорий рационального проектирования и инженерных методов расчёта напряжённо-деформированных состояний и прочности типовых трёхмерных несущих и светопрозрачных элементов техники высоких давлений. Для экспериментальных исследований полезны совершенствование их средств и общие теории, методологии и методы обработки данных, в том числе общий метод исправления погрешностей усреднения при измерениях неоднородных распределений для электротензометрии в местах концентрации напряжений. Все расчётные формулы доведены до уровня практического использования, максимально просты и в принципе не требуют использования компьютеров.

Внедрение настоящей докторской диссертации

Результаты исследований иллюминаторов внедрены в Научно-исследовательском и проектном институте геофизических методов разведки океана ПО «Южморгеология» и в Ленинградском институте точной механики и оптики и позволили усовершенствовать проектирование и расчёт оптических систем для высоких давлений, повысить качество изображения подводных объектов, увеличить достоверность получаемой информации и сократить время на проведение работ по дешифрированию экспонированного фотоматериала. Сосуды высокого давления, плунжеры и другие конструкции, проектные и поверочные расчёты прочности которых автор выполнил в ходе и с использованием результатов обобщения аналитических методов решения задач прочности именно существенно трёхмерных тел для типовых элементов конструкций в технике высоких давлений, внедрены в Институте проблем прочности АН Украины, в НИИ компрессорного машиностроения, в НИИ атомного и энергетического насосостроения и во многих других организациях со значительным экономическим эффектом (данные отнесены в приложение диссертации).

Предмет защиты настоящей докторской диссертации

1. Созданная математическая система принципиально новых основополагающих общих теорий, методологий и методов, среди них общие теории количественных множеств; именно дополнительных новых действий; общих математических задач; бесконечных полных линейности операторов и линейной (не)зависимости; замкнутых собственных совокупностей классов функций для множеств операторов с общими решениями гармонического и бигармонического уравнений в степенных рядах (собственных классах функций); полная линейно-комбинационная и целочастичная (парциальная) методологии, общие интегральный и (полу)степенной методы решения общих систем функциональных уравнений.

2. Созданная метрологическая система принципиально новых основополагающих общих теорий, методологий и методов, среди них общие теории, методологии и методы измерения физических величин; оценки и исправления погрешностей усреднения при измерениях неоднородных распределений; псевдорешений и всеобщих погрешности и запаса и их

оптимизации; наилучших аналитических приближений к дискретным экспериментальным данным с их разбросом при непереносимой опоре на лучшие из них и при нормально взвешенном учёте всех данных безотносительно нормальности их распределения и без исключения выбросов, в том числе для развития методов экспериментальных исследований.

3. Созданная оптико-механическая система принципиально новых основополагающих общих теорий, методологий и методов, среди них общие теории всеобщих напряжений; иерархичности типов схем нагружения; минимизации и устранения невязок сопряжения; осесимметричного изгиба равномерными давлениями и его влияния на оптические свойства существенно трёхмерных цилиндрических тел; трёхмерных напряжённо-деформированных процессов составного цилиндра конечной длины при тепловой сборке и запрессовке; комплексной оптимизации механических, прочностных и оптических свойств несущих и светопрозрачных трёхмерных элементов и систем разных форм, в том числе с трением, сцеплением, проскальзыванием и концентраторами напряжений; общие (полу)степенной и интегральный методы как модификации аналитической методологии макроэлементов.

4. Созданная прочностная система принципиально новых основополагающих общих теорий, методологий и методов, среди них общая теория прочности материалов с открытием первых всеобщих прочностных законов природы во всеобщих напряжениях, в том числе путём исправляющего и обобщающего приведения к ним известных частных критериев предельных состояний и прочности, и общая теория прочности объектов с открытием системы явлений и законов запасов и обобщениями всеобщих прочностных законов природы с предельных на непереносимые состояния с запасом прочности при сложном нагружении как функцией индивидуальных запасов независимых нагрузок с учётом их наиболее опасного сочетания.

5. Система разработанных (приложением созданных математической, метрологической, оптико-механической и прочностной систем общих теорий, методологий и методов) принципиально новых общих аналитических методов расчёта напряжённо-деформированных состояний и процессов, прочности и оптики трёхмерных несущих и светопрозрачных элементов конструкций в технике высоких давлений с установлением приемлемости этих методов аналитическими и численными сопоставлениями полученных формул и результатов с известными аналитическими решениями, численными и экспериментальными данными.

6. Система впервые решённых нетривиальных задач механики, оптики, прочности и герметичности трёхмерных тел из пластичных и хрупких материалов с открытием систем принципиально новых явлений и законов механики, оптики, прочности, запаса и разрушения, в том числе для типовых расчётных схем и реальных объектов техники высоких давлений с учётом концентраторов напряжений, трения и взаимных сцепления и проскальзывания.

7. Созданные теории рациональных комплексных проектирования существенно трёхмерных несущих и светопрозрачных элементов и управления их напряжённо-деформированными состояниями и процессами, прочностью и оптикой и новые эффективные конструкции для техники высоких давлений, в т. ч. защищённые авторскими свидетельствами на изобретения.

Апробация данной докторской диссертации вполне достаточна.

Основные результаты исследований, обобщённых этой докторской диссертацией, докладывались и обсуждались на 30 Всесоюзных, межрегиональных и Международной научно-технических конференциях, в том числе Всесоюзном научно-техническом семинаре «Оптимизация конструкции и моделирование процессов высокого давления» (Сумы, 1978), Всесоюзной научно-технической конференции «Методы и средства тензометрии и её применение в народном хозяйстве» (Кишинёв, 1979), Семинаре-совещании «Проблемы оптимизации в машиностроении» (Харьков, 1982), Четвёртой Всесоюзной конференции по оптимальному управлению в механических системах (Москва, 1982), Третьем Всесоюзном симпозиуме по импульсным давлениям (Москва, 1983), Четвёртой Всесоюзной конференции «Проблемы научных исследований в области изучения и освоения Мирового океана» (Владивосток, 1983), Всесоюзной конференции «Теоретическая и прикладная оптика» (Ленинград, 1984), Пятой Всесоюзной конференции «Технические средства изучения и освоения океана» (Ленинград, 1985), Двенадцатой Всесоюзной научно-технической

конференции «Конструкция и технология получения изделий из неметаллических материалов» (Москва, 1990), Всесоюзной научно-технической конференции «Композиционные материалы в конструкциях глубоководных технических средств» (Николаев, 1991), Всесоюзном семинаре «Проблемы прочности стекла и стеклокристаллических материалов» (Константиновка, 1991), Международной научно-технической конференции «Технология и качество стекла» (Константиновка, 1993).

Настоящая докторская диссертация полностью докладывалась и обсуждалась на 10 научных семинарах в академических институтах и ведущих вузах, в том числе на научном семинаре кафедры «Динамика и прочность машин» Харьковского политехнического института (1992, октябрь), Научно-техническом проблемном совете по статической прочности Института проблем машиностроения АН Украины с активным участием академика Академии Наук Украины, доктора физико-математических наук, профессора Владимира Логвиновича Рвачёва (1992, октябрь), тематическом семинаре № 2 «Статическая прочность» Института проблем прочности АН Украины (1992, октябрь; председатель семинара – академик Академии Наук Украины, доктор технических наук, профессор Анатолий Алексеевич Лебедев), научном семинаре Института проблем прочности АН Украины (1993, февраль; председатель семинара – председатель Специализированного учёного совета Д 016.33.01, основатель и почётный директор Института, бывший первый вице-президент Академии Наук Украины, академик Академии Наук Украины, доктор технических наук, профессор Георгий Степанович Писаренко), заседании Одесского Дома учёных (1993, апрель), научном семинаре кафедры деталей машин и теории механизмов и машин Одесского института инженеров морского флота (1993, апрель), научном семинаре кафедры математической физики Киевского государственного университета (1993, июнь), кафедре сопротивления материалов и динамики и прочности машин Киевского политехнического института, научном семинаре отдела термопластичности Института механики АН Украины имени Степана Прокофьевича Тимошенко (1993, июнь), научном семинаре Института проблем прочности АН Украины (1993, июнь; председатель семинара – председатель Специализированного учёного совета Д 016.33.01, основатель и почётный директор Института, бывший первый вице-президент Академии Наук Украины, академик Академии Наук Украины, доктор технических наук, профессор Георгий Степанович Писаренко).

Ведущая организация этой докторской диссертации – Институт проблем машиностроения АН Украины (директор – член-корреспондент (академик с 1995 года) Академии Наук Украины, доктор технических наук, профессор Анатолий Николаевич Подгорный).

Официальные оппоненты настоящей докторской диссертации:

член-корреспондент (академик с 1997) Академии наук Украины, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом термопластичности Института механики АН Украины имени Степана Прокофьевича Тимошенко Юрий Николаевич Шевченко;

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Сопротивление материалов» Киевского международного университета гражданской авиации Николай Максимович Бородачёв;

доктор технических наук, старший научный сотрудник Института проблем прочности АН Украины Павел Павлович Ворошко.

Основное содержание настоящей докторской диссертации опубликовано в трёх научных монографиях (одна на английском языке), в 72 научных статьях (семь на английском языке) и тезисах докладов. Её разработки защищены 30 авторскими свидетельствами на изобретения.

В расширенном варианте диссертации дополнительно представлены:

1) теория простого (на единый ненулевой множитель) и сложного (на свои ненулевые множители для различных отношений) умножения системы отношений наподобие простого и сложного нагружений в механике и общая теория дополнительных альтернативных новых действий (минус-умножения и минус-деления, минус-остепенения и минус-укоренения) с обобщением степенных, показательных, степенно-показательных функций на отрицательные основания для критериев прочности ввиду её повышения при равном трёхосном сжатии;

2) открытие явления и теория принципиально новой самопогрешности физической величины и реального объекта с невязкой сопряжения его и его идеальной расчётной схемы и с понятиями действительной единоразмерности и практической несоизмеримости;

3) общие теории и методы наилучших аналитических приближений к дискретным экспериментальным данным с их разбросом при опоре на лучшие из них и при взвешенном учёте всех данных без исключения выбросов, в т. ч. для методов исследований напряжённо-деформированных состояний и прочности конструкций при высоких давлениях, в частности

3.1) общая теория анализа приемлемости методов обработки данных с доказанными изъянами абсолютной и относительной погрешностей и метода наименьших квадратов;

3.2) теории и общие методы наименьших нормально взвешенных степеней, уравнивания отношений общей задачи и выравнивания их частных погрешностей;

3.3) теория и общие методы взвешивания данных для опоры на лучшие из них при учёте всех данных с формулами метода наименьших квадратов без его произвольных выбросов;

3.4) теория и общие методы простейших приближений полной кривой усталости Вёлера;

4) теории осесимметричного изгиба равномерным давлением на одно основание трёхмерных цилиндров при защемлении края, опирании по краю или по окружности меньшего радиуса;

5) однопараметрический метод устранения невязки осевого перемещения;

6) итерационный общий метод наименьших нормально взвешенных степеней (и квадратов);

7) методология открытия и обоснования механической, прочностной и оптической систем принципиально новых явлений и законов для существенно трёхмерных тел (с уточнением и развитием классических закономерностей) и открытия системы всеобщих явлений и законов.

Структура и содержание. Настоящая докторская диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных научных трудов со ссылками в тексте и приложений с системой дальнейших математических, метрологических, механических и прочностных обобщений, справками о практическом использовании и актами внедрения основных результатов настоящей докторской диссертации.

Настоящая докторская диссертация является законченным многоплановым исследованием именно всех основных стадий решения задач прочности с определением напряжённо-деформированных состояний, их сопоставлением между собой и с предельными и рациональное управление выбором исходных данных для оптимизации проектирования. На типовые элементы конструкций в технике высоких давлений ориентированы приложения, а сами созданные иерархические математическая, метрологическая, оптико-механическая и прочностная системы общих теорий, методологий и методов существенно развивают математику, метрологию, механику деформируемого твёрдого тела и науку о прочности как полезные дополнения классических и других известных теорий и методов и дают простые замкнутые аналитические решения сложных задач для существенно трёхмерных тел. Работа открывает значительные перспективы дальнейших обобщений и широких приложений.

По актуальности, научной новизне, достоверности и практической ценности настоящую докторскую диссертацию можно квалифицировать как обобщение аналитических методов решения задач прочности, являющееся новым крупным достижением в развитии перспективного научного направления в динамике, прочности машин, приборов и аппаратуры – создания обобщённых аналитических методов, устанавливающих основные закономерности деформирования и прочности пространственных тел применительно к рациональному проектированию элементов конструкций из различных материалов для высоких удельных нагрузок. Кроме того, в диссертации изложены научно обоснованные технические решения актуальных задач рационального проектирования типовых элементов конструкций в технике для высокого давления, внедрение которых даёт существенное повышение прочности и других рабочих характеристик и снижение материалоёмкости и тем самым вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса.

Диссертант Лев Григорьевич Гелимсон, впоследствии доктор технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» в разделе «Физико-математические науки» по Классификатору Высшей Аттестационной Комиссии