

## АВТОРСКИЙ ОБЗОР

нового издания (2022 года) первоначального расширенного варианта (1992 года)  
(Гелимсон Лев Григорьевич. Обобщение аналитических методов решения задач прочности типовых элементов конструкций в технике высоких давлений: диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук: 01.02.06 Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры. Мюнхен: Изд. Всемирной Академии наук «Коллегиум», 1992, 1993, 2022. 560 с.) диссертации (1993 г.) для успешной защиты 09.06.1994 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: 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, 1992, 1993, 2022

Настоящая докторская диссертация обобщает результаты научно-исследовательских работ, выполненных во ВНИИкомпрессормаш (1974–1981 гг., причём в лаборатории прочности конструкций, работающих под давлением, среди других использовался гидрокомпрессор на давления до 1600 МПа, что примерно в 15 раз превышает давление на дне Марианской впадины, глубочайшей в Мировом океане) и в Сумском филиале Харьковского политехнического института им. В. И. Ленина, Сумском физико-технологическом институте и Сумском государственном университете (1981–1994 гг.) единолично автором (теоретические исследования с двадцатилетним безаварийным опытом именно собственных аналитических методов расчёта на прочность порядка тысячи конструкций в технике высоких давлений и обработка экспериментальных данных, руководство испытанными по своим аналитическим методам численными конечно-элементными расчётами прочности внедрённых особо ответственных крупногабаритных сосудов высокого давления, в том числе для Института проблем прочности Академии Наук Украины, обоснование всех этих расчётов и организация их доскональной взыскательной проверки докторами и кандидатами наук, обсуждений и затем утверждений ИркутскНИИхимаш как головным институтом СССР по сосудам высокого давления) и при его личном участии (замысел и осуществление экспериментальных исследований) в качестве ответственного исполнителя и научного руководителя хозяйственных и госбюджетных тем, в том числе темы 1.10.2.11-63 «Исследование прочности конструкций из силикатных материалов при внешнем гидростатическом давлении» Института проблем прочности АН Украины по Постановлению № 474 Президиума Академии Наук Украины от 27.12.1985 г., включённой в Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 11.12.1982 г. хозяйственной темы 06.05.03.81-85 «Экспериментально-теоретические исследования, разработка и изготовление глубоководных боксов и стендов высокого давления для оптико-механических испытаний» Сумского филиала Харьковского политехнического института им. В. И. Ленина и НИПИОкеангеофизика ПО «Южморгеология» (г. Геленджик), номер государственной регистрации 0181.3005099, инвентарный номер ВНИИцентр 0286.0001034, и темы 63.01.09.86-90/48-С «Разработка методики исследования работоспособности изделий оболочечного типа диаметром до 1100 мм при внешнем гидростатическом давлении», отнесённой Президиумом АН Украины к числу важнейших, в рамках целевой комплексной программы ГКНТ 074.01 «Мировой океан» и научного направления Сумского филиала Харьковского политехнического института им. В. И. Ленина, Сумского физико-технологического института и Сумского государственного университета «Оптико-механические проблемы в современной глубоководной технике», утверждённого Академией Наук Украины.

Целью настоящей докторской диссертации является 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 для 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 именно существенно трёхмерных типовых несущих и светопрозрачных пластичных и хрупких элементов и систем техники 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 непременно точно учитываемыми произвольными (не только безразмерными числовыми) количествами наличных элементов, что необходимо для всеобщих законов сохранения, для математического моделирования произвольных

совокупностей и для теории и общих методов последовательного выравнивания частных погрешностей отношений общей математической задачи между собой, с обобщением и развитием классической теории множеств Кантора в основе современной математики;

1.2) теория общих математических задач как количественных множеств функциональных отношений (например функциональных уравнений и/или неравенств) между известными операторами над искомыми функциями известных аргументов;

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

1.4) теория собственной совокупности видов (классов), в частности собственного вида (класса), функций для множества операторов с глубокими и очень полезными обобщениями неподвижной точки отображения и собственной функции для оператора;

1.5) полная линейно-комбинационная методология решения общих математических задач, в частности для общих решений общим (полу)степенным методом гармонического и бигармонического уравнений в (полу)степенных рядах как собственных классах функций для операторов этих уравнений, в том числе применительно к функциям напряжений и к общему (полу)степенному аналитическому методу макроэлементов как к (полу)степенной модификации аналитической методологии макроэлементов для именно существенно трёхмерных тел;

1.6) целочастичная (парциальная) методология решения общих математических задач с возможным разбиением системы функциональных отношений решаемой задачи на возможно более полную разрешающую подсистему простейших отношений и на остаточную оценочную подсистему сложнейших отношений, в том числе применительно к общему интегральному методу и к общему интегральному аналитическому методу макроэлементов как интегральной модификации аналитической методологии макроэлементов для именно существенно трёхмерных тел;

1.7) теория простого (на единый ненулевой множитель) и сложного (на свои ненулевые множители для различных отношений) умножения системы отношений наподобие понятий простого и сложного нагружений в механике и общая теория именно дополнительных альтернативных новых действий с открытием и обоснованием явлений неустойчивости знаков и несуществования степеней с отрицательными основаниями и с теориями точечной и окрестной равносильной устойчивости, минус-умножения и минус-деления, минус-остепенения (минус-возведения в степень) и минус-укоренения (минус-извлечения корня) с отделением отрицательных знаков и лишь итоговым учётом наличия отрицательности для повышения её действенности обобщением степенных, показательных и степенно-показательных функций на отрицательные основания минус-степенными, минус-показательными и минус-степенно-показательными функциями, что важно и для обобщений общего (полу)степенного метода и критериев предельных состояний и необходимо ввиду открытия лауреатом Нобелевской премии П. Бриджменом явления повышения прочности при трёхмерном равноосном 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 существенно неоднородных пространственных и/или временных статических и динамических распределений, в частности

2.1.1) теория принципиально новой самопогрешности с открытием явления существования и неперменного наличия естественной (не устранимой никаким совершенствованием средств измерения) самопогрешности (собственной погрешности) любой физической величины и любого реального объекта с невязкой сопряжения реального объекта и его идеальной расчётной схемы по общей теории невязок сопряжения 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 существенно неоднородных распределений;
- 2.1.4) теория обращения общего оператора усреднения с решением проблем существования, единственности и точного или приближённого эффективного построения такого обращения;
- 2.1.5) теория и методы определения коэффициентов мультипликации, восстанавливающих наибольшее значение измеряемой неоднородно распределённой величины по измеренным её значениям, что искажены удалением, запаздыванием и усреднением ввиду неотъемлемых свойств измерительного элемента, например его инертности и конечных размеров;
- 2.1.6) теория и методы определения коэффициентов мультипликации при электротензометрии, в том числе мест концентрации напряжений в двумерных расчётных схемах и в трёхмерных реальных объектах различных конфигураций;
- 2.2) общие теории неточных псевдорешений, их наилучших квазирешений, исправляющей и обобщающей относительную погрешность всеобщей погрешности как инвариантной меры неточности, верно обобщающей нечёткую приближённость, с оценкой качества приближений и меры несовместности противоречивой задачи и с общими методами дополнительной косвенной оценки и аналитического приближения к искомому квазирешению, обобщающему точное решение, невозможное в противоречивой задаче, в том числе в переопределённой задаче обработки данных, или могущее не существовать в избранном классе функций;
- 2.3) общая теория запаса с общей методологией всеобщего запаса (обобщением всеобщей погрешности впервые измеряющего надёжность точности, наибольшую для суперпсевдорешения задачи), мультипликативной и аддитивной методологиями общего функционального запаса как функции индивидуальных запасов множеств значений независимых переменных в гильбертовых пространствах с обобщением для них понятий окрестности множества и запаса множества относительно допускаемого множества, с непрерывными всеобщей логикой и иерархиями псевдоправильности, псевдоточности и псевдорешений и с открытием философского закона перехода анализа как первого 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 именно на лучшие из них и при взвешенном учёте непременно всех данных без исключения выбросов, в том числе применительно к совершенствованию методов экспериментальных исследований напряжённо-деформированных состояний и прочности конструкций при высоких давлениях, в частности
- 2.4.1) общая теория анализа приемлемости методов обработки данных с открытыми и доказанными принципиальными изъянами абсолютной и нелогичной относительной погрешностей и якобы незаменимого классического метода наименьших квадратов Гаусса и Лежандра, причём вне крайне узких областей приемлемости (пригодности) возможны неоднозначность, неопределённость, неинвариантность, даже извращения действительности;
- 2.4.2) теория и общие методы наименьших нормально взвешенных степеней с опорой на всеобщую погрешность, тогда как обладающий дюжиной взаимосвязанных принципиальных пороков в сущности и применимости метод наименьших квадратов опирается на явно недостаточную абсолютную погрешность;
- 2.4.3) теория и общие методы последовательного выравнивания частных погрешностей отношений общей математической задачи между собой;
- 2.4.4) теория и общие методы уравнивания самих отношений общей математической задачи между собой;
- 2.4.5) теория и общие методы целесообразного взвешивания данных для опоры как раз на лучшие из них при учёте всех данных без исключения выбросов и при возможности именно правильного использования формул аналитически простейшего классического метода наименьших квадратов с его произвольным выбрасыванием наихудших данных и его действительной опорой на самые худшие из сохраняемых данных ввиду ничтожности вклада наилучших данных в сумму квадратов отклонений, минимизируемую этим методом;

2.4.6) теория и общие методы простейших аналитических приближений именно полной кривой усталости Вёлера.

3. Оптико-механическая система в принципе новых общих теорий, методологий и методов:

3.1) теория открытых закономерных инвариантных самопредельных самоопасных безразмерных всеобщих напряжений с приведением размерных напряжений, в частности их делением на модули их одноосных пределов тех же направлений и знаков при прочих равных условиях нагружения;

3.2) теория открытых иерархичности типов схем осесимметричного (без объёмных сил и кручения) нагружения именно существенно трёхмерного сплошного или кольцевого цилиндрического тела и существования и общего метода конструктивного определения основного типа схем (с одним свободным торцом), алгебраические суммы схем которого исчерпывают общий тип, тогда как в технике высоких давлений общим является тип схем с равномерным давлением на боковую поверхность и ступенчатыми давлениями на торцы (основания), а основным является тип схем с равномерными давлениями на боковую поверхность, на одно основание и на кольцевую периферическую часть другого основания;

3.3) общий (полу)степенной аналитический метод макроэлементов как (полу)степенная модификация аналитической методологии макроэлементов для впервые решаемых нетривиальных задач механики, прочности и оптики нагруженных именно существенно трёхмерных тел;

3.4) общий интегральный аналитический метод макроэлементов как интегральная модификация аналитической методологии макроэлементов для впервые решаемых нетривиальных задач механики, прочности и оптики нагруженных именно существенно трёхмерных тел;

3.5) теория минимизации невязок сопряжения аналитических решений для макроэлементов разбиения именно существенно трёхмерного тела между собой и с граничными условиями его нагружения, осуществляемой среднеквадратичным, обеспечивающим минимакс модуля и коллокационным методами;

3.6) теория и аналитические методы устранения минимизированных невязок сопряжения аналитических решений для макроэлементов разбиения именно существенно трёхмерного тела между собой и с граничными условиями его нагружения;

3.7) теории осесимметричного изгиба равномерным давлением на одно основание сплошного и кольцевого именно существенно трёхмерных цилиндрических тел при различных условиях уравнивания;

3.8) теории принципиально трёхмерных напряжённо-деформированных процессов составного цилиндра конечной длины при его тепловой сборке и запрессовке с понятиями напрягающе-деформирующего процесса нагружения, напряжённо-деформированного процесса и остаточно-рабочего простого нагружения;

3.9) теория влияния осесимметричного изгиба равномерными давлениями на полностью нагруженное основание и на кольцевую периферическую часть частично нагруженного основания 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 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

4.1.1) теория прочности постоянно нагруженных изотропных материалов, одинаково сопротивляющихся растяжению и сжатию, и общие методы приведения напряжений к скалярным всеобщим напряжениям для таких материалов;

4.1.2) теория прочности постоянно нагруженных изотропных материалов, различно сопротивляющихся растяжению и сжатию, и общие методы приведения напряжений к скалярным всеобщим напряжениям для таких материалов;

- 4.1.3) теория прочности постоянно нагруженных произвольно анизотропных материалов, одинаково или различно сопротивляющихся растяжениям и сжатиям, и общие методы приведения напряжений к скалярным всеобщим напряжениям для таких материалов;
- 4.1.4) теория прочности переменного (с возможными вращениями главных направлений напряжённого состояния в точке во времени) нагруженных произвольно анизотропных материалов, одинаково или различно сопротивляющихся растяжениям и сжатиям (наиболее общий случай, для которого ранее не было даже предложений по формулировкам возможных критериев предельных состояний и который и ведёт именно ко всеобщим критериям предельных состояний как всеобщим прочностным законам природы), и общие методы приведения (через равноопасные циклические напряжения) напряжённых процессов (переменных программ) одноосных главных напряжений за время нагружения при постоянной их нумерации независимо от алгебраической упорядоченности их величин к постоянным векторным всеобщим напряжениям для таких материалов;
- 4.1.5) методология (теория и общие методы) исправления общего и частных критериев предельных состояний, в частности для учёта экспериментально установленного упрочняющего влияния равномерного всестороннего сжатия с общим понятием линейно прочного материала (и тела), для учёта именно действительных, подлинных соотношений пределов прочности материала при различных видах напряжённого состояния и для именно правильного учёта алгебраически наибольших напряжений и деформаций;
- 4.1.6) методология (теория и общие методы) универсализации экспериментальных данных о прочности материалов;
- 4.1.7) методология (теория и общие методы) универсализации известных частных критериев предельных состояний;
- 4.1.8) методология (теория и общие методы) открытия принципиально новых всеобщих прочностных законов природы и их иерархий;
- 4.2) общая теория прочности объектов с дальнейшими обобщениями всеобщих прочностных законов природы с предельных состояний также на неопредельные состояния с запасом прочности при сложном нагружении как функцией частных запасов независимых нагрузок с учётом наиболее опасного их сочетания, в частности
- 4.2.1) теория равносильной множественности любого критерия предельных состояний с доказательством произвольности мультипликативного запаса любого неопредельного состояния;
- 4.2.2) теория выбора (по принципу допустимой простоты из множества эквивалентов) единственного простейшего критерия предельных состояний с единственностью мультипликативного запаса любого неопредельного состояния;
- 4.2.3) теория мультипликативного запаса любого неопредельного состояния;
- 4.2.4) теория аддитивного запаса любого неопредельного состояния;
- 4.2.5) теория частных запасов, в том числе выражаемых через некий единый для них запас, с учётом наиболее опасного сочетания взаимно независимых нагрузок, необходимым при сложном нагружении;
- 4.2.6) теория выбора всеобщего критерия предельных состояний как всеобщего прочностного закона природы, наиболее подходящего для решаемой задачи прочности объекта;
- 4.2.7) теории прочности именно существенно трёхмерных тел различных конфигураций, в том числе с концентраторами напряжений, трением и взаимными сцеплением и проскальзыванием;
- 4.2.8) методология построения простых замкнутых (общих) аналитических методов решения и решений существенно трёхмерных (типов соответственно) задач механики и прочности тел различных конфигураций из пластичных и хрупких конструкционных материалов, в том числе для типовых расчётных схем и реальных объектов техники высоких давлений.
5. Методология открытия и обоснования механической, прочностной и оптической систем принципиально новых явлений и законов напряжённо-деформированных состояний, жёсткости, оптики, прочности, запаса и разрушения именно существенно трёхмерных тел с

уточнением и развитием классических закономерностей и методология открытия системы всеобщих явлений и законов приложением созданных математических, метрологических, оптико-механических и прочностных общих теорий, методологий и методов к впервые решаемым нетривиальным задачам для таких тел.

6. Методология проверки приемлемости созданных математической, метрологической, оптико-механической и прочностной систем многовариантных общих теорий, методологий и методов – внутренней проверки их многовариантностью с возможностью самопроверяемости и взаимной проверяемости и внешней проверки путём аналитических и численных сопоставлений полученных формул и численных результатов с формулами и численными результатами известных аналитических решений, численными и приемлемо обработанными экспериментальными данными.

7. Теории функционально допустимого и технологически осуществимого рационального комплексного управления напряжённо-деформированными состояниями и процессами, прочностью и оптическими свойствами 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 именно существенно трёхмерных реальных конструкций для высокого давления, в том числе 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 задачах механики 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 произвольной количественности наличных элементов для математического моделирования произвольных совокупностей с всеобщими законами сохранения, обобщением и развитием классической теории множеств Кантора, лежащей в основе современной математики;

идея именно дополнительного альтернативного возведения в степень (минус-остепенения) умножением функции знака основания на степень модуля основания с лишь итоговым учётом отрицательности основания для обобщений степенных, показательных и степенно-показательных функций на отрицательные основания, в частности для начальных, центральных и смещённых моментов любых нецелых порядков;

идея общих математических задач как количественных множеств функциональных отношений (например функциональных уравнений или неравенств) между 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), в частности собственного вида (класса), функций для множества операторов с глубокими и очень полезными обобщениями неподвижной точки отображения и собственной функции для оператора;

идея разбиения задачи на простейшую полнейшую разрешающую подзадачу и на сложнейшую остаточную оценочную подзадачу;

идея всеобщей погрешности как инвариантной меры неточности, правильно обобщающей нечёткую приближённость, с дополнительной косвенной оценкой качества псевдорешения и

меры несовместности противоречивой задачи всеобщей погрешностью квазирешения (наилучшего псевдорешения) задачи;

идея окрестности и запаса произвольного множества относительно допускаемого множества;

идея общего запаса как функции индивидуальных запасов независимых переменных;

идеи всеобщего запаса, обобщением всеобщей погрешности впервые измеряющего надёжность точности, наибольшую для суперпсевдорешения задачи, всеобщей погрешностью противоречащего при точности и противоположностью всеобщей погрешности при неточности с непрерывными всеобщей логикой и иерархиями псевдоправильности, псевдоточности и псевдорешений;

идея философского закона перехода анализа как первого общенаучного метода от качественного различения к количественному измерению различий;

идеи принципиальной самопогрешности любых физической величины и реального объекта;

идея оценки и исправления погрешностей усреднения при измерениях существенно неоднородных распределений;

идея выравнивания частных погрешностей отношений общей математической задачи;

идея уравнивания отношений общей математической задачи между собой;

идея нормального взвешивания данных безотносительно нормальности их распределения для опоры как раз на лучшие из них при учёте именно всех данных без исключения выбросов;

идеи иерархичности типов схем нагружения тела и существования основного типа, алгебраические суммы схем которого исчерпывают общий тип;

идея использования полной линейной независимости степенных функций, в том числе для обобщения полиномиальных методов общим (полу)степенным методом с решениями в (полу)степенных рядах;

идеи осуществимого плоско точного (на плоских основаниях) неплюско приближённого (на цилиндрических поверхностях) выполнения граничных условий при осесимметричном изгибе сплошного и кольцевого именно существенно трёхмерных цилиндрических тел;

идея использования сдвигового напряжения как именно естественной функции напряжений для общего интегрального метода;

идеи многовариантности минимизации и устранения минимизированных невязок сопряжения аналитических решений для макроэлементов разбиения именно существенно трёхмерного тела между собой и с граничными условиями нагружения такого тела, осуществляемой среднеквадратичным, обеспечивающим минимум модуля и коллокационными методами;

идея кратного снижения максимума рабочих расфокусировок изображений подводных объектов такой предварительной продольной расфокусировкой оптической системы, которая противоположна средней рабочей расфокусировке изображений подводных объектов;

идея линейных увеличений радиального натяга на торцевых участках взаимного осевого проскальзывания слоёв составного цилиндра конечной длины для равномерности их контактного давления и для равнопрочности вдоль оси с учётом принципиально трёхмерных напряжённо-деформированных процессов при тепловой сборке и запрессовке составного цилиндра;

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) одноосного главного напряжения за время нагружения



при постоянной нумерации главных напряжений независимо от алгебраической упорядоченности их величин;  
идея использования минус-остепенения для исправления и обобщения критериев предельных состояний;  
идея обобщения всеобщих прочностных законов природы с предельных состояний также на неопредельные состояния 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 основными рабочими 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 для создания 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 типовых несущих и светопрозрачных пластичных и хрупких элементов и систем различных конфигураций в технике высоких давлений, в том числе с концентраторами напряжений, трением и взаимными сцеплением и проскальзыванием;  
созданы основы теории количественных множеств с непременно точно учитываемыми произвольными (не только безразмерными числовыми) количествами наличных элементов, что необходимо для всеобщих законов сохранения, для математического моделирования произвольных совокупностей и для теории и общих методов последовательного выравнивания частных погрешностей отношений общей математической задачи между собой, с обобщением и развитием классической теории множеств Кантора, лежащей в основе современной математики;  
создана теория общих математических задач как количественных множеств функциональных отношений (например функциональных уравнений или неравенств) между известными операторами над искомыми функциями известных аргументов;  
созданы теории полных линейности оператора (для бесконечной линейной комбинации) и линейных независимости и зависимости, при которых из аннулирования даже бесконечной линейной комбинации непременно следует или не обязано следовать соответственно аннулирование всех её коэффициентов;  
создана теория собственной совокупности видов (классов) функций, в частности собственного вида (класса) функций, для множества операторов с глубокими и полезными обобщениями неподвижной точки отображения и собственной функции для оператора;  
впервые поставлена и положительно решена проблема именно необходимости бигармоничности функции напряжений Лява;  
создана полная линейно-комбинационная методология решения общих математических задач, в частности для общих решений общим (полу)степенным методом гармонического и бигармонического уравнений в (полу)степенных рядах как собственных классах функций для операторов этих уравнений, в том числе применительно к функциям напряжений, к общему (полу)степенному методу и к общему (полу)степенному аналитическому методу макроэлементов как к (полу)степенной модификации аналитической методологии

макроэлементов для именно существенно трёхмерных тел, и открыто явление ограничения не только снизу, но и сверху степени функции напряжений граничными условиями задачи; создана целочастичная (парциальная) методология решения общих математических задач с возможным разбиением заданной системы функциональных отношений решаемой задачи на возможно более полную разрешающую подсистему простейших отношений и на остаточную оценочную подсистему сложнейших отношений, в том числе применительно к общему интегральному методу и к общему интегральному аналитическому методу макроэлементов как интегральной модификации аналитической методологии макроэлементов для именно существенно трёхмерных тел;

создана общая теория дополнительных альтернативных новых действий с открытием и обоснованием явлений неустойчивости знаков и несуществования степеней с отрицательными основаниями и с теориями точечной и окрестной равносильной устойчивости, минус-умножения и минус-деления, минус-остепенения (минус-возведения в степень) и минус-укоренения (минус-извлечения корня) с отделением отрицательных знаков и лишь итоговым учётом наличия отрицательности для повышения её действенности обобщением степенных, показательных и степенно-показательных функций на отрицательные основания минус-степенными, минус-показательными и минус-степенно-показательными функциями, что важно для начальных, центральных и смещённых моментов любых нецелых порядков, а также для обобщений общего (полу)степенного метода и критериев предельных состояний и необходимо ввиду открытия лауреатом Нобелевской премии П. Бриджменом явления повышения прочности при трёхмерном равноосном сжатии; созданы общие теории неточных псевдорешений, их наилучших квазирешений, исправляющей и обобщающей относительную погрешность всеобщей погрешности как меры неточности, верно обобщающей нечёткую приближённость, с оценкой качества приближений и меры несовместности противоречивой задачи, и переопределённой в обработке данных, с общими методами дополнительной косвенной оценки и аналитического приближения к искомому квазирешению, обобщающему точное решение, невозможное в противоречивой задаче или могущее не существовать в избранном классе функций;

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 первого общенаучного метода от качественного различия к количественному измерению различий;

созданы общие теории и методы измерения физических величин, оценки и эффективного исправления погрешностей усреднения при измерениях существенно неоднородных пространственных и/или временных статических и динамических распределений, в частности: теория самопогрешности с открытием явления существования и неперменного наличия принципиально новой естественной (не устранимой никаким совершенствованием средств измерения) самопогрешности (собственной погрешности) любой физической величины и любого реального 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 проблемы существования в случае дифференцируемости образа, проблемы единственности обращения с точностью до функций, для которых база измерительного прибора является периодом с нулевым средним интегральным их значением на периоде, и проблемы точного или приближённого построения такого обращения; теория и методы определения коэффициентов мультипликации, восстанавливающих наибольшее значение измеряемой неоднородно распределённой величины по измеренным её значениям, которые искажены удалением, запаздыванием и

усреднением ввиду неотъемлемых свойств измерительного элемента, например его инертности и конечных размеров; теория и методы определения коэффициентов мультипликации при электротензометрии, в том числе мест концентрации напряжений в двумерных расчётных схемах и в трёхмерных реальных объектах различных конфигураций; созданы общие теории и методы наилучших аналитических приближений к дискретным экспериментальным данным с их разбросом при опоре именно на лучшие из них и при взвешенном учёте непременно всех данных без исключения выбросов, в том числе применительно к совершенствованию 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, тогда как обладающий дюжиной взаимосвязанных принципиальных пороков в сущности и применимости метод наименьших квадратов опирается на явно недостаточную абсолютную погрешность; теория и общие методы последовательного выравнивания частных погрешностей отношений общей математической задачи между собой; теория и общие методы уравнивания самих отношений общей математической задачи между собой; теория и общие методы целесообразного взвешивания данных для опоры непременно на лучшие из них при учёте всех данных без исключения выбросов и при возможности именно правильного использования формул аналитически простейшего классического метода наименьших квадратов с его произвольным выбрасыванием наихудших данных и его действительной опорой на самые худшие из сохраняемых данных ввиду ничтожности вклада наилучших данных в сумму квадратов отклонений, минимизируемую этим методом; теория и общие методы простейших аналитических приближений именно 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 сплошного или кольцевого цилиндрического тела и существования и общего метода конструктивного определения основного типа схем (с одним свободным торцом), алгебраические суммы схем которого исчерпывают общий тип, тогда как в технике высоких давлений общим является тип схем с равномерным давлением на боковую поверхность и ступенчатыми давлениями на торцы (основания), а основным является тип схем с равномерными давлениями на боковую поверхность, на одно основание и на кольцевую периферическую часть другого основания;

создан общий (полу)степенной аналитический метод макроэлементов как (полу)степенная модификация аналитической методологии макроэлементов для впервые решаемых нетривиальных задач механики, прочности и оптики именно существенно трёхмерных тел;

создан общий интегральный аналитический метод макроэлементов как интегральная модификация аналитической методологии макроэлементов для впервые решаемых нетривиальных задач механики, прочности и оптики именно существенно 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 линейно упругого именно существенно трёхмерного сплошного цилиндрического тела, осесимметрично изгибаемого равномерным давлением на одно основание с возможным равномерным давлением на боковую поверхность и удерживаемого в равновесии или жёстким защемлением боковой поверхности, или свободным опиранием по краю или по окружности меньшего радиуса, или равномерным противодавлением 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 совокупностей механических, прочностных и оптических свойств несущих и светопрозрачных существенно трёхмерных элементов и систем различных конфигураций, в том числе с концентраторами напряжений, трением и взаимными сцеплением и проскальзыванием, метод и алгоритм комплексной оптимизации именно 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: теория прочности постоянно нагруженных изотропных материалов, одинаково сопротивляющихся растяжению и сжатию, и общие методы приведения напряжений к скалярным всеобщим напряжениям для таких материалов; теория прочности постоянно нагруженных изотропных материалов, различно сопротивляющихся растяжению и сжатию, и общие методы приведения напряжений к скалярным всеобщим напряжениям для таких материалов; теория прочности постоянно нагруженных произвольно анизотропных материалов, одинаково или различно сопротивляющихся растяжениям и сжатиям, и общие методы приведения напряжений к скалярным всеобщим напряжениям для таких материалов; теория прочности переменного (с возможными вращениями главных направлений напряжённого состояния в точке во времени) нагруженных произвольно анизотропных материалов, одинаково или различно сопротивляющихся растяжениям и сжатиям (наиболее общий случай, для которого ранее не было даже предложений по формулировкам возможных критериев предельных состояний и который и ведёт именно ко всеобщим критериям предельных состояний как всеобщим прочностным законам природы), и общие методы 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) одноосного главного напряжения за время нагружения при постоянной нумерации главных напряжений независимо от алгебраической упорядоченности их величин для таких материалов; методология (теория и общие методы) исправления общего и частных критериев предельных состояний, в частности для учёта экспериментально установленного упрочняющего влияния трёхмерного равноосного сжатия, для учёта именно действительных, подлинных соотношений пределов прочности материала при различных видах напряжённого состояния и для именно правильного учёта алгебраически наибольших напряжений и деформаций; методология (теория и общие методы) универсализации экспериментальных данных о прочности материалов; методология (теория и общие методы) универсализации известных частных критериев предельных состояний; методология (теория и общие методы) открытия принципиально новых всеобщих прочностных законов природы и их иерархий;

открыта и обоснована система принципиально новых явлений и законов запасов и создана общая теория прочности объектов с дальнейшими обобщениями всеобщих прочностных законов природы с предельных состояний также на неопредельные состояния с запасом прочности при сложном нагружении как функцией частных запасов независимых нагрузок с учётом наиболее опасного их сочетания, в частности: теория равносильной множественности

любого критерия предельных состояний с доказательством произвольности мультипликативного запаса любого неопредельного состояния; теория выбора (по принципу допустимой простоты из множества эквивалентов) единственного простейшего критерия предельных состояний с единственностью мультипликативного запаса любого неопредельного состояния; теория мультипликативного запаса любого неопредельного состояния; теория аддитивного запаса любого неопредельного состояния; теория частных запасов, в том числе выражаемых через некий единый для них запас, с учётом наиболее опасного сочетания взаимно независимых нагрузок, необходимым при сложном нагружении; теория выбора всеобщего критерия предельных состояний как всеобщего прочностного закона природы, наиболее подходящего для решаемой задачи прочности объекта; теории прочности существенно трёхмерных тел различных конфигураций, в том числе с концентраторами напряжений, трением и взаимными 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 в пространственной постановке;

показано, что в задаче об опёртом по краю пространственном 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, оптики, прочности и разрушения именно трёхмерных тел и получены существенно новые представления о напряжённо-деформированных состояниях линейно упругих трёхмерных сплошных цилиндрических тел, в частности светопрозрачных элементов иллюминаторов для высоких давлений;

обобщены и значительно уточнены созданными общими методами результаты расчёта именно существенно трёхмерных сплошных цилиндрических тел, в частности светопрозрачных элементов иллюминаторов для высоких давлений, по сравнению с результатами расчёта на основе известных методов теории пластин и 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;

применительно к тепловой сборке составного цилиндра конечной длины открыто и обосновано явление существования её критического значения, превышение которого приводит к появлению срединного участка взаимного осевого сцепления слоёв с равномерностью контактного давления и модулей осевых напряжений между симметричными торцевыми участками взаимного осевого проскальзывания слоёв с экспоненциальным ростом контактного давления и модулей осевых напряжений к срединной плоскости;

применительно к запрессовке составного цилиндра конечной длины открыты и обоснованы явление конечности усилия запрессовки при неограниченном увеличении конечной длины цилиндра и явления общей асимметрии и частной симметрии участков взаимного осевого проскальзывания, разделённых срединным участком взаимного осевого сцепления слоёв, составляющим половину длины цилиндра при равенстве коэффициентов поперечной деформации Пуассона материалов слоёв независимо от соотношения модулей продольной упругости Юнга 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 трёхмерный случай конечной длины при 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 упругих 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 применительно к ограничителю грибкового клапана и открыто явление выравнивания равносильных (эквивалентных) напряжений на всех поверхностях всех отверстий при наличии центрального отверстия 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 обеспечивается опорой её общих теорий, методологий, методов и их результатов на общепринятые 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, а также сопоставлениями полученных многовариантных основных формул и других результатов между собой и с классическими и другими известными формулами, численными и экспериментальными данными.

Создание в настоящей докторской диссертации принципиально новых общих теорий, методологий и методов основывается на общепринятых общенаучных эмпирических и теоретических методах, а также на следующих всеобщих методах познания.

Логика с её законами и принципами используется повсеместно, в том числе закон тождества, закон противоречия, закон исключённого третьего и принцип достаточного основания. Примерами применения закона противоречия и закона исключённого третьего являются доказательства ограниченности сверху степени бигармонической функции напряжений Лява методом от противоречащего. При создании и развитии общей теории запаса с дальнейшим качественным и даже количественным обобщением именно в этом порядке нарастания меры и степени, важности и сложности обобщения общей теории предельных состояний и общей теории прочности с предельных состояний также на любые непредельные (допредельные и запредельные) состояния достигнут принципиально значимый переход от общепринятой дискретной именно конечной логики к бесконечной и даже непрерывной, то есть континуальной, логике с также непрерывными иерархиями псевдоправильности, псевдоточности и псевдорешений.

Открыт философский закон перехода анализа как первого общенаучного метода от качественного различения к количественному измерению различий.

Анализ как первый общенаучный метод используется как двухстадийное (качественное различие и далее обобщающее и уточняющее эту качественность ещё и количественное измерение соответствующих различий) разделение различных состояний (допредельных, предельных и запредельных) по любому методу определения как выражения равносильного (эквивалентного) напряжения в точке материала нагруженного деформируемого твёрдого тела при сложном напряжённом состоянии через главные напряжения в этой точке.

Диалектика и её законы иллюстрируются новыми примерами их выражений.

Закон единства и борьбы противоположностей проявляется в алгебраическом суммировании слагаемых противоположных знаков, в частности в общей теории запасов при сложном нагружении и в продольной расфокусировке изображений подводных объектов с противоположными знаками вкладов в неё искривлений первоначально плоскопараллельных оптических поверхностей светопрозрачного элемента при его деформировании высоким давлением.

Более того, многовариантность однопараметрического и двухпараметрического методов устранения минимизированной невязки осевого перемещения и методов минимизации невязок сопряжения среднеквадратичной, минимаксами их модулей и коллокационной приводит к обобщению закона единства и борьбы противоположностей законом единства и взаимной дополнителности различных предметов, которые только в частном случае могут составлять именно пару противоположностей и вовсе не обязаны бороться между собой, а могут полезно и даже гармонично дополнять друг друга, в данном случае обеспечивать самопроверяемость и взаимную проверяемость итогов и тем самым повышать их точность и надёжность.

Закон перехода количественных изменений в качественные изменения проявляется в доказательстве наличия критических значений и их иерархий, в частности для перемещений точки наибольшего равносильного (эквивалентного) напряжения с соответствующим изменением характера разрушения по общему (полу)степенному методу и по общему интегральному методу в задачах механики и прочности существенно трёхмерных тел и для появлений и исчезновений участков взаимных сцепления и проскальзывания в контактных задачах с трением. Критично предельное напряжение между допустимыми и разрушающими.

Закон отрицания отрицания, то есть двойного отрицания, обобщается общим законом кратного отрицания и проявляется в возможной противоположности скачков точки наибольшего равносильного (эквивалентного) напряжения с её возвратом в её прежнее положение на новом уровне напряжений (здесь и закон единства и борьбы противоположностей), а также в выходе исследования напряжённо-деформированного состояния за пределы механики в оптику с возвращением, расширением предмета и углублением исследования изгиба посредством ещё и кривизн в центрах оснований светопрозрачного элемента как местных характеристик изгиба в дополнение к стрелам прогиба этих оснований и их центральных частей как общим характеристикам изгиба.

Анализ и синтез (теории и опыта (практики) теоретизирования и испытания (экспериментирования); наличного, потребностей, личных и общественных интересов, условий, возможностей, способностей, желаний, целей и задач; предметов, ресурсов, средств, методов и мерил (критериев); количественности и качественности; систематизации и иерархизации предметности и общности, углубления и возвышения; существенности, новизны, открытий и изобретений), обобщение и конкретизация, а также абстрагирование (отвлечение от несущественного и извлечение существенного) применяются во многих местах, в частности в приближениях по основополагающему принципу допустимой простоты, в том числе при создании общего (полу)степенного метода и общего интегрального метода.

Сравнение, различение, выделение, сопоставление и уподобление применяются во многих местах, в частности формульно, таблично, графически и параллельностью расчётов при многовариантности методов, в том числе для доказательства достигнутого обобщения и чрезвычайно существенного уточнения соответствующих результатов теории пластин и теории плит.

Дедукция (выведение) применяется во многих местах.

Научная индукция (наведение), по существу индуктивно-дедуктивный метод, используется для выяснения именно и только составляющих примерно три-четыре кратностей

превышений стрел прогиба центральной части и всего полностью нагруженного основания и его кривизны в центре стрелами прогиба центральной части и всего частично нагруженного основания и его кривизной в центре соответственно именно существенно трёхмерного сплошного цилиндрического тела, в частности светопрозрачного элемента, при схеме нагружения основного типа в технике высоких давлений с повышенным равномерным периферическим противодавлением, тогда как сами превышения доказаны дедуктивно.

Из эмпирических научных методов экспериментальные методы используются для тензометрии сосудов высокого давления, упругих уплотнений и ограничителей грибковых клапанов, для исследования прочности органического стекла и трещинообразования в неорганическом стекле, для прямого измерения прогибов и давлений разрушения светопрозрачных элементов иллюминаторов, для прямого измерения пределов упругого сопротивления цельнолитых корпусов прямооточных клапанов, для прямого измерения давления разрушения паяного сотового уплотнения.

К эмпирико-теоретическим научным методам следует отнести методы обработки данных.

Обычно используются абсолютная и относительная погрешности и общепринятый считающийся практически незаменимым метод наименьших квадратов.

Доказано, что все они обладают целым рядом принципиальных недостатков вплоть до неопределённости, неинвариантности, нелогичности, двусмысленности, субъективизма исключения выбросов, опоры на самые худшие сохраняемые данные и даже извращений действительности.

Введены безупречные всеобщая погрешность и система общих методов обработки данных, в том числе с взвешиванием по чисто формально используемому нормальному распределению безотносительно осуществления нормальности.

Это позволяет полностью отказаться от субъективного изъятия выбросов, учитывать все данные без исключения, опираться непременно на самые лучшие данные и к тому же именно правильно использовать простейшие и удобнейшие формулы метода наименьших квадратов созданным итерационным методом наименьших нормально взвешенных квадратов.

Из теоретических научных методов применяются следующие.

Принципиальность заключается в неуклонном следовании общепринятым принципам объективности, систематичности, воспроизводимости и проверяемости, а также выдвинутому основополагающему принципу допустимой простоты ещё и как методу допустимого упрощения, в том числе в основе целочастичной (парциальной) методологии решения общих систем функциональных уравнений и общего интегрального метода.

Приближение как метод применяется при доказанной невозможности точного решения и осуществляется простейшим допустимым образом, дающим настолько простые и проверяемые формулы и вычисления по ним, что при такой именно содержательной формализации достигаются неременная опора на интуицию и её творческое развитие.

Метод мысленного эксперимента осуществляется формульными и вычислительными испытаниями по аналитическим и численным методам.

Аналитические методы используются при создании общих теорий, методологий и методов и при решениях задач математики, метрологии, механики и прочности, включающих: приведение критериев предельных состояний ко всеобщим прочностным законам природы во всеобщих напряжениях; определение подлинного запаса прочности при наложении (суперпозиции) взаимно независимых нагрузок по наихудшему их сочетанию; создание общих методов решения задач прочности конструкций для типовых схем их нагружения; решение задач прочности для трёхмерных тел; разработку концепций деформирования, прочности и разрушения элементов конструкций; открытие и обоснование принципиально



новых явлений и законов деформирования, оптики, прочности и разрушения именно существенно трёхмерного сплошного цилиндрического тела, в частности светопрозрачного элемента, под равномерными давлениями на полностью нагруженное основание и на кольцевую периферическую часть частично нагруженного основания, в частности при определении мест наибольшего равносильного (эквивалентного) напряжения, вероятного направления образующей первой трещины в начальный момент её развития, переходного (для опаснейшей точки) и наилучшего значений относительного давления на боковую поверхность такого тела, величины разрушающего давления; комплексную оптимизацию основных рабочих характеристик элементов конструкций и обоснование рациональных их образцов; совершенствование методов экспериментальных исследований напряжённо-деформированных состояний и прочности конструкций при высоких давлениях; определение погрешностей сопоставления расчётных и экспериментальных данных.

Численные методы применяются при анализе напряжённо-деформированных состояний сосудов высокого давления и именно существенно трёхмерных сплошных цилиндрических светопрозрачных элементов иллюминаторов, а также при определении основных оптических искажений, обусловливаемых деформированием таких элементов при высоких давлениях.

В качестве средств выполнения исследований выбраны:

для теоретических исследований – вычислительная техника (микрокалькуляторы и компьютеры с программным обеспечением);

для экспериментальных исследований – стендовое оборудование, включающее средства создания высокого давления (насосы и компрессоры), испытательные и тарировочные камеры с гермовводами, соединительную и регулирующую арматуру, контрольно-измерительную аппаратуру (манометры, индикаторы, тензорезисторы, тензостанции), пульты дистанционного управления, а также исследуемые объекты, инструменты, съёмочная аппаратура и защитные сооружения (боксы).

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

#### Практическая ценность настоящей докторской диссертации

Создан теоретический фундамент для разработки инженерных методов расчёта напряжённо-деформированных состояний и прочности именно существенно трёхмерных тел применительно к типовым несущим и светопрозрачным элементам конструкций при высоком давлении как теорий рационального их проектирования.

Для экспериментальных исследований полезны совершенствование их средств и приложение созданных общих теорий, методологий и методов обработки данных, в том числе общий метод эффективного исправления погрешностей усреднения при измерениях неоднородных статических и динамических распределений применительно к математической обработке результатов электротензометрии в местах концентрации напряжений.

Все расчётные формулы доведены до уровня практического использования, максимально просты и в принципе не требуют непременно использования компьютеров.

Предложены и обоснованы пути существенного повышения прочностных и оптических характеристик элементов и систем техники для высокого давления, разработаны рекомендации по их проектированию и изобретён целый ряд их конструкций.

#### 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).

#### 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 альтернативных новых действий (в том числе альтернативного возведения в степень (минус-остепенения) с обобщением степенных, показательных и степенно-показательных функций на отрицательные основания, в частности для начальных, центральных и смещённых моментов любых нецелых порядков и для обобщений общего (полу)степенного метода и критериев предельных состояний и прочности); общих математических задач; даже бесконечных полных линейности операторов, линейной независимости и линейной зависимости; собственных совокупностей классов функций для множеств операторов с общими решениями гармонического и бигармонического уравнений в являющихся собственными классами функций степенных рядах; полная линейно-комбинационная и целочастичная (парциальная) методологии и общие (полу)степенной и интегральный 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; общие теории, методологии и методы оценки и эффективного исправления погрешностей усреднения при измерениях существенно неоднородных пространственных и/или временных статических и динамических распределений; общие теории, методологии и методы (супер)псевдорешений и всеобщих погрешности и запаса (с непрерывными всеобщей логикой и иерархиями псевдоправильности, псевдоточности и псевдорешений) и их оптимизации; общие теории, методологии и методы наилучших аналитических приближений к дискретным экспериментальным данным с их разбросом при опоре именно на лучшие из них и при нормально взвешенном учёте непременно всех данных безотносительно нормальности их распределения и без исключения выбросов, в том числе применительно к развитию методов экспериментальных исследований напряжённо-деформированных состояний и прочности именно существенно трёхмерных несущих и светопрозрачных элементов техники высоких давлений.
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 именно существенно трёхмерных цилиндрических тел; принципиально трёхмерных напряжённо-деформированных процессов составного цилиндра конечной длины при тепловой сборке и запрессовке; комплексной оптимизации совокупностей механических, прочностных и оптических свойств именно существенно трёхмерных несущих и светопрозрачных элементов и систем различных конфигураций, в том числе с концентраторами напряжений, трением и взаимными сцеплением и проскальзыванием; 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 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, и общая теория прочности объектов с открытием и обоснованием системы явлений и законов запасов и дальнейшими обобщениями всеобщих прочностных законов природы с предельных состояний также на неопредельные состояния с запасом прочности при сложном нагружении как функцией индивидуальных запасов взаимно 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 оптических свойств именно существенно трёхмерных несущих и светопрозрачных элементов конструкций в технике высоких давлений с установлением приемлемости этих методов путём аналитических и численных сопоставлений полученных формул и результатов с известными аналитическими решениями, численными и приемлемо обработанными экспериментальными данными.
6. Система впервые решённых нетривиальных задач механики, прочности, герметичности и оптики для именно существенно трёхмерных тел различных конфигураций из пластичных и хрупких конструкционных материалов с открытием систем принципиально новых явлений и законов механики, оптики, прочности, запаса и разрушения, в частности применительно к типовым расчётным схемам и реальным объектам техники высоких давлений, в том числе с концентраторами напряжений, трением и взаимными сцеплением и проскальзыванием.
7. Созданные теории рациональных комплексных проектирования существенно трёхмерных несущих и светопрозрачных элементов и управления их напряжённо-деформированными состояниями и процессами, прочностью и оптическими свойствами и новые эффективные конструкции для техники высоких давлений, в том числе защищённые авторскими свидетельствами на изобретения.

#### Апробация настоящей докторской диссертации

Основные результаты исследований, обобщённых настоящей докторской диссертацией, докладывались и обсуждались на 30 Всесоюзных, межрегиональных и Международной научно-технических конференциях, в том числе на 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.

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.

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

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 как полезные дополнения классических и других известных теорий и методов существенно развивают математику, метрологию, механику деформируемого твёрдого тела и науку о прочности и дают простые замкнутые аналитические решения сложных задач для существенно трёхмерных тел. Работа открывает значительные перспективы дальнейших обобщений и широких приложений. Часть результатов со временем может войти в учебную литературу по сопротивлению материалов, механике деформируемого твёрдого тела и прикладной математике.

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