

## АВТОРСКИЙ ОБЗОР

нового издания (2022 года)

(Гелимсон Лев Г. Напряжённо-деформированное состояние и прочность светопрозрачных элементов иллюминаторов: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук: 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры». Мюнхен:

Изд-во Всемирной Академии наук «Коллегиум», 1986, 1987, 2022. 32 с.)

первоначального расширенного варианта (1986 года), в дальнейшем приведённого к примерно вдвое сокращённому для соответствия объёма общепринятому для авторефератов кандидатских диссертаций по разделу «Физико-математические науки»

Классификатора Высшей Аттестационной Комиссии второму варианту (1987 года), представленному на успешную защиту

19 июня 1987 года на заседании Специализированного учёного совета Д 016.33.01 при Институте проблем прочности Академии Наук Украины

(председатель Совета и заседания – основатель и бессменный директор Института, бывший первый вице-президент Академии Наук Украины, академик Академии Наук Украины, доктор технических наук, профессор Георгий Степанович ПИСАРЕНКО),

автореферата диссертации Льва Григорьевича Гелимсона  
«Напряжённо-деформированное состояние и прочность светопрозрачных элементов  
иллюминаторов»  
на соискание учёной степени кандидата технических наук

Автореферат крайне сжато излагает сущность и основное содержание данной кандидатской диссертации, цель которой – создание, основоположение и развитие математической, метрологической, механической и прочностной систем принципиально новых общих теорий и методов как теоретического фундамента для создания теорий и аналитических методов исследования и комплексной оптимизации напряжённо-деформированного состояния, прочности и оптики 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 качестве теории рациональных комплексных проектирования и наилучшего управления свойствами такого тела.

Актуальность данной кандидатской диссертации для динамики и прочности машин, приборов и аппаратуры применительно к технике высоких давлений и смежным областям заключается в создании общих теорий и методов получения простых аналитических зависимостей между целевыми параметрами оптимизации и исходными данными решаемой задачи, необходимых и весьма полезных для рационального проектирования соответствующих элементов конструкций, для испытания (тестирования) численных методов и для совершенствования экспериментальных методов исследования напряжённо-деформированных состояний пространственных тел.

Научной, в том числе именно идейной, новизной и практической ценностью обладают:

1. Математическая система принципиально новых общих теорий и методов, среди них
  - 1.1) теория общих математических задач как множеств функциональных отношений (в частности уравнений и/или неравенств) с известными операторами над искомыми функциями известных аргументов;
  - 1.2) теория собственной совокупности видов (классов), в том числе собственного вида (класса), функций для множества операторов (глубокое обобщение собственной функции для оператора);
  - 1.3) общий (полу)степенной метод, в том числе общего решения бигармонического уравнения в классе степенных рядов как собственном классе функций для принимающего значения в том же классе оператора этого уравнения с глубокими и очень полезными

обобщениями неподвижной точки отображения и собственной функции для оператора, в частности применительно к функциям напряжений и к общему (полу)степенному аналитическому методу макроэлементов для именно существенно трёхмерных тел;

1.4) общие теории неточных псевдорешений, их наилучших квазирешений и всеобщей погрешности как инвариантной меры неточности, обобщающей нечёткую приближённость, с оценкой их и меры несовместности противоречивой задачи и с общими методами аналитического приближения к квазирешению, обобщающему точное решение, могущее не существовать или невозможное в противоречивой задаче, в том числе в задаче обработки данных;

1.5) теория 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.

2. Метрологическая система принципиально новых общих теорий и методов, среди которых 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 том числе для методов исследований напряжённо-деформированных состояний и прочности конструкций при высоких давлениях, в частности

2.1) общая теория анализа приемлемости методов обработки данных с доказанными изъянами абсолютной и относительной погрешностей и метода наименьших квадратов, причём вне крайне узких областей приемлемости (пригодности) возможны нелогичность, неоднозначность, неопределённость, неинвариантность, даже извращения действительности;

2.2) теория и общие методы нормального взвешивания данных с разбросом безотносительно нормальности их распределения для опоры на лучшие из них с учётом всех данных и верным использованием формул метода наименьших квадратов без его произвольных выбросов.

3. Механическая система принципиально новых общих теорий и методов, среди них

3.1) общий (полу)степенной аналитический метод макроэлементов для впервые решаемых нетривиальных задач механики, прочности и оптики именно существенно трёхмерных тел;

3.2) теория минимизации невязок сопряжения аналитических решений для макроэлементов разбиения трёхмерного тела между собой и с граничными условиями, осуществляемой среднеквадратичным, обеспечивающим минимум модуля и коллокационным методами;

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

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

3.5) теория комплексной оптимизации совокупности механических, прочностных и оптических свойств существенно трёхмерного сплошного цилиндрического тела, в частности светопрозрачного элемента, под равномерными давлениями на полностью нагруженное основание и на кольцевую периферическую часть частично нагруженного основания.

4. Прочностная система принципиально новых общих теорий и методов, среди них

4.1) общая теория и общие методы обобщения критериев предельных состояний и прочности линейно-функциональным преобразованием главных напряжений, в частности деформированием и/или движением (смещением и/или вращением) предельной поверхности, на случай анизотропии и различных сопротивлений материала растяжению и сжатию;

4.2) общий метод обобщения критериев предельных состояний и прочности добавлением линейной комбинации главных напряжений к квадрату их критериальной функции;

4.3) обобщение для изотропного материала, различно сопротивляющегося растяжению и сжатию, третьей теории прочности (критерия наибольших сдвиговых напряжений) и четвёртой теории прочности (критерия удельной энергии формоизменения), приемлемых только для изотропного материала, одинаково сопротивляющегося растяжению и сжатию;

4.4) необходимое для определения опаснейшей точки преобразование первой теории прочности (критерия наибольших нормальных напряжений) да-Винчи–Галилея–Лейбница–Ламе к виду с равносильным (эквивалентным) и с единым предельным напряжениями;

4.5) общее решение задачи прочности именно существенно трёхмерного сплошного цилиндрического тела, в частности светопрозрачного элемента, под равномерными давлениями на одно основание и на кольцевую периферическую часть другого основания;

4.6) метод определения такого переходного значения отношения давления на боковую поверхность существенно трёхмерного сплошного цилиндрического тела, в частности светопрозрачного элемента, под равномерными давлениями на одно основание и на кольцевую периферическую часть другого основания к давлению на первое основание, что при превышении этого переходного значения место наибольшего равносильного (эквивалентного) напряжения в теле скачком переходит из центра на край центральной части другого основания и принципиально изменяется характер разрушения: вместо радиального растрескивания тела из неорганического стекла происходят скалывание сегмента у центральной части другого основания и последующее растрескивание этого сегмента;

4.7) метод определения наилучшего значения отношения давления на боковую поверхность сплошного трёхмерного цилиндрического тела, в частности светопрозрачного элемента, под равномерными давлениями на одно основание и на кольцевую периферическую часть другого основания к давлению на первое основание с минимумом равносильного (эквивалентного) напряжения и наибольшим разрушающим давлением на первое основание;

4.8) методология построения (общих) аналитических методов простых замкнутых решений трёхмерных осесимметричных (типов соответственно) задач механики и прочности;

4.9) методология функционально допустимого и технологически осуществимого рационального управления прочностью и другими характеристиками реальных конструкций.

5. Приложение созданных математических, метрологических, механических и прочностных общих теорий и методов к впервые решаемым нетривиальным задачам механики, прочности и оптики для существенно трёхмерного сплошного цилиндрического тела, в частности светопрозрачного элемента, под равномерными давлениями на полностью нагруженное основание и на кольцевую периферическую часть частично нагруженного основания с открытием, обоснованием и обобщением системы принципиально новых явлений и законов деформирования и разрушения такого тела и с уточнением, развитием, обобщением и полезным дополнением известных аналитических методов определения напряжённо-деформированного состояния такого тела из пластичного или хрупкого материала.

6. Многовариантность созданных математических, метрологических, механических и прочностных общих теорий и методов с их аналитической и численной сопоставимостью между собой и с известными формулами, численными результатами и экспериментальными данными, что обеспечивает самопроверяемость и взаимную проверяемость и как следствие достоверность созданных принципиально новых общих теорий и методов и их результатов.

7. Создание теории рациональных комплексных проектирования и наилучшего управления напряжённо-деформированным состоянием, прочностью и оптикой трёхмерного сплошного цилиндрического тела, в том числе светопрозрачного элемента, под равномерными давлением на одно основание и периферическим противодействием и внедрение созданных принципиально новых методов и эффективных конструкций иллюминаторов для высокого давления, в частности защищённых авторскими свидетельствами на изобретения.

В этом чрезвычайно полезном издании первоначального именно расширенного варианта автореферата данной кандидатской диссертации дополнительно представлены следующие принципиально новые и практически ценные результаты.

Теории изгиба равномерным давлением на одно основание существенно трёхмерного сплошного цилиндрического тела, в частности светопрозрачного элемента, защемлённого по краю либо опёртого по краю или по окружности меньшего радиуса.

Однопараметрический метод устранения именно всех невязок сопряжения с собственным устранением невязки осевого перемещения.

Открыты и обоснованы новые явления и законы напряжённо-деформированного состояния трёхмерного сплошного цилиндрического тела при схеме нагружения с равномерными давлением на одно основание и периферическим повышенным противодавлением:

явление и закон кратного (примерно в три-четыре раза) превышения кривизны в центре полностью нагруженного основания кривизной в центре частично нагруженного основания; явление и закон необходимости дополнения стрелы прогиба (общей характеристики искривления при изгибе) кривизной (местной характеристикой искривления при изгибе); явление и закон превышения на порядок модуля отрицательного вклада кривизны в центре полностью нагруженного основания положительным вкладом кривизны в центре частично нагруженного основания в продольную расфокусировку изображения подводного объекта; явление и закон необходимости и существенности выделения и достаточно точного учёта знака и относительно малого модуля отрицательного вклада кривизны в центре полностью нагруженного основания в продольную расфокусировку изображения подводного объекта; явление и закон необходимости и полезности промежуточного выхода (с возвращением) исследования за собственные пределы напряжённо-деформированного состояния; явление и закон необходимости отдельного исследования влияний следствий напряжённо-деформированного состояния наряду с исследованием его итогового (суммарного) влияния.

Дальнейшими обобщениями открыты и обоснованы такие всеобщие явления и законы:

всеобщие явление и закон целесообразности относительной малости модуля количественного величиной и качественного знаком оценивающего различителя методов моделирования; всеобщие явление и закон целесообразности промежуточного выхода (с возвращением) исследования за пределы первоначального предмета по закону отрицания отрицания; всеобщие явление и закон необходимости и полезности отдельного исследования влияний частей и свойств целого на предмет исследования наряду с исследованием влияния целого.

Общая теория и общие методы обобщения критериев предельных состояний и прочности линейно-функциональным преобразованием главных напряжений, в частности деформированием и/или движением (смещением и/или вращением) предельной поверхности, на случай анизотропии и различных сопротивлений материала растяжению и сжатию созданы и для исследований прочности и разрушения органического стекла при сложном напряжённом состоянии.

Открыты нечёткость приближённости и целые системы изъянов абсолютной и относительной погрешностей и метода наименьших квадратов и создан итерационный общий метод наименьших нормально взвешенных степеней, в частности квадратов, в том числе для исследований прочности и разрушения неорганического стекла при повторно-статическом нагружении.

Абсолютная погрешность формального (условного, независимого от истинности, что обозначается знаком вопроса, в данном случае после знака равенства) приравнивания недостаточна для выражения и оценивания качества приближения и не инвариантна, так как при равносильном умножении формального приравнивания на ненулевое число умножается на его абсолютную величину.

Относительная погрешность нелогична, определена лишь для двухэлементного формального приравнивания, для него двузначна (двусмысленна), вопреки замыслу может превышать единицу и быть бесконечной и вообще неопределённой.

Метод наименьших квадратов является простейшим и по существу единственным широко применяемым для решения переопределённых задач с количеством уравнений больше количества неизвестных, но имеет систему основополагающих принципиальных изъянов и пороков и крайне узкие области применимости и тем более приемлемости и пригодности:

- 1) непригоден при не совпадающих физических размерностях (единицах) решаемой задачи;
- 2) не инвариантен, меняет не проверяемый итог при равносильных преобразованиях задачи;
- 3) необоснованно полагается, как и математическая статистика, на абсолютную погрешность и аналитически простейшую вторую степень усреднения;

4) минимизирует сумму квадратов отклонений, в том числе разностей частей уравнений системы, с опорой на наихудшие данные с преимущественным вкладом, а не на наилучшие данные с их ничтожным вкладом в эту сумму, часто ведёт к неприемлемости, извращениям и парадоксам;

5) не предусматривает никакого улучшения получаемого не оцениваемого псевдорешения.

Дополнительно к верно используемой относительной погрешности введена как инвариантная мера неточности, верно обобщающей нечёткую приближённость, линейная, квадратичная и с максимумом всеобщая погрешность.

Псевдорешение методом наименьших квадратов – начальное приближение итерационного общего метода наименьших нормально взвешенных степеней, в том числе квадратов. Процесс продолжается до нужной точности почти постоянства последовательных приближений и характеристик условий минимизации для определения, обоснования и оценивания квазирешения с его всеобщей погрешностью как мерой несовместности переопределённой системы уравнений.

Апробация данной кандидатской диссертации вполне достаточна. Основные результаты обобщённых ею исследований докладывались и обсуждались на 12 Всесоюзных и региональных научно-технических конференциях. Полностью докладывалась и обсуждалась данная кандидатская диссертация на научном семинаре при кафедре строительной механики Одесского инженерно-строительного института, научном семинаре отдела колебаний и разрушения Института проблем прочности АН Украины (председатель семинара – председатель Специализированного учёного совета Д 016.33.01, основатель и бессменный директор Института, бывший первый вице-президент Академии Наук Украины, академик Академии Наук Украины, доктор технических наук, профессор Георгий Степанович Писаренко), кустовом тематическом семинаре № 2 «Напряжённо-деформированное состояние и расчёт на прочность» Института проблем прочности АН Украины (председатель семинара – академик Академии Наук Украины, доктор технических наук, профессор Анатолий Алексеевич Лебедев). Ведущая организация – Ленинградский институт точной механики и оптики (заведующий кафедрой теории оптических приборов, доктор технических наук, профессор, лауреат Ленинской премии, лауреат четырёх Государственных (Сталинских) премий СССР, лауреат Международной премии Французской Академии наук им. Э. Лосседа Михаил Михайлович Русинов; доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР Пётр Дмитриевич Иванов). Основное содержание данной кандидатской диссертации опубликовано в научной монографии, 8 научных статьях и 34 тезисах докладов. Кроме того, её разработки защищены 16 авторскими свидетельствами на изобретения.

Внедрение результатов этой кандидатской диссертации в Ленинградском институте точной механики и оптики и в Научно-исследовательском и проектном институте геофизических методов разведки океана ПО «Южморгеология» позволило усовершенствовать проектирование и расчёт подводных оптических систем, повысить качество изображения подводных объектов, увеличить достоверность получаемой информации и сократить время на проведение работ по дешифрированию экспонированного фотоматериала. Благодаря этому в 1986 г. получен первичный годовой экономический эффект 28000 рублей.

Обоснованность данной кандидатской диссертации обеспечивается опорой её общих теорий и методов на общепринятые всеобщие и общенаучные методы познания (логику, диалектику, анализ и синтез, обобщение и конкретизацию, абстрагирование (отвлечение от несущественного и извлечение существенного), сравнение, различение, выделение, сопоставление, уподобление, дедукцию (выведение), научную индукцию (наведение)), на допущения, теории и методы математики, метрологии, механики деформируемого твёрдого тела (с теориями упругости, пластин и плит) и прочности, теорию оптических систем, сопоставлениями многовариантных формул и результатов между собой и с 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 кандидатской диссертации состоит в создании теоретического фундамента для разработки теории рационального проектирования и инженерных методов расчёта напряжённо-деформированных состояний, жёсткости, прочности и оптики именно существенно трёхмерных сплошных цилиндрических тел, в частности светопрозрачных элементов иллюминаторов для высоких давлений. Для экспериментальных исследований полезны общие теории и методы обработки данных. Все формулы созданных общего (полу)степенного метода и теорий деформирования, жёсткости и оптики, прочности и разрушения таких тел доведены до уровня практического использования и в принципе не требуют применения ЭВМ. Предложены и обоснованы пути существенного повышения прочностных и оптических характеристик, разработаны рекомендации по проектированию и ряд изобретённых конструкций иллюминаторов для высокого давления, в том числе защищённых авторскими свидетельствами на изобретения.

Настоящая кандидатская диссертация является законченным многоплановым исследованием, охватывающим все основные стадии решения задач прочности – определение напряжённо-деформированных состояний, их сопоставления между собой и с соответствующими предельными состояниями, а также рациональное управление выбором исходных данных в целях оптимизации конструкций на стадиях их проектирования. На иллюминаторы для высоких давлений ориентированы приложения данной кандидатской диссертации, а сами созданные общие теории и методы относятся к задачам прочности в целом. В ряде случаев достигнутые обобщения имеют даже более широкое значение, – это прежде всего относится к методам решения систем функциональных уравнений и определения погрешностей аналитических решений. Работа развивает и завершает ряд известных подходов и позволяет получать простые аналитические решения задач для пространственных тел. Созданные общие теории и методы являются полезным дополнением к известным теориям и методам. Работа открывает значительные перспективы дальнейших обобщений и достаточно широких приложений.

В целом по актуальности, научной новизне, достоверности и практической ценности настоящую кандидатскую диссертацию можно квалифицировать как новое крупное достижение в развитии перспективного научного направления в динамике, прочности машин, приборов и аппаратуры. Кроме того, в данной кандидатской диссертации изложены научно обоснованные технические решения актуальных задач рационального проектирования иллюминаторов для высокого давления, внедрение которых позволяет обеспечить существенное повышение их жёсткости, прочности и оптических свойств и тем самым вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса. Работа значительно превышает современные требования к кандидатским диссертациям, что и указано научным семинаром отдела колебаний и разрушения Института проблем прочности АН Украины и председателем семинара – председателем Специализированного учёного совета Д 016.33.01, основателем и бессменным директором Института, бывшим первым вице-президентом Академии Наук Украины, академиком Академии Наук Украины, доктором технических наук, профессором Георгием Степановичем Писаренко.

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