

ЭВОЛЮЦИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТА И ПОДХОДОВ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ

А.С. Двужилов, С.А. Заграничный

© Двужилов А.С., Заграничный С.А., 2025

***Аннотация.** Рассмотрено историческое развитие методов расчета и подходов к проектированию инженерных конструкций. Проанализированы ключевые этапы эволюции вышеназванных методов. Особое внимание уделено влиянию катастроф и научных открытий на совершенствование методов проектирования.*

***Ключевые слова:** методы расчета, проектирование, эволюция технологий, инженерные конструкции, компьютерное моделирование, историческое развитие, безопасность, стандарты проектирования.*

Проектирование и расчет инженерных конструкций прошли долгий путь развития (от интуитивных решений древних строителей до разработки высокоточных компьютерных моделей). На каждом этапе развития человечества инженеры сталкивались с новыми вызовами, которые требовали совершенствования методов расчета и подходов к проектированию.

В древности строители опирались на опыт предыдущих поколений и эмпирические правила. Так, при возведении пирамид в Египте расчеты осуществляли исходя из наблюдения и простейших геометрических принципов. При создании римских акведуков использовались арки и своды, т. е. прочность достигалась за счет формы, а не ясных, подробных расчетов. Недостатки такого способа построения сооружения – отсутствие теоретической базы, высокая зависимость от мастерства строителей.

С появлением науки о материалах и сопротивлении конструкций методы расчета стали более точными.

Галилео Галилей, написав труд «Беседы о двух новых науках», заложил базу для теории прочности. В своих исследованиях ученый установил, что прочность стержня при растяжении прямо пропорциональна площади его поперечного сечения при прочих равных условиях. Удивительно, но идея соотнести разрушающую нагрузку с площадью сечения в месте разрыва, в результате чего получили универсальную для материала величину – разрушающее напряжение, была осознана лишь спустя два века после открытия данного напряжения.

Позже, более 350 лет назад, молодой английский ученый Роберт Гук открыл линейную зависимость между деформацией тела и приложенной силой, т. е. сформулировал знаменитый закон, названный в честь этого исследователя. Долгие годы изложенный им принцип оставался ключевым инструментом в зарождающейся науке о сопротивлении материалов, лежал в основе расчетов прочности и жесткости конструкций. Лишь значительно позже были обнаружены нелинейные связи между напряжениями и внешними воздействиями, хотя они также опирались на идеи Гука.

Значительный вклад в теорию устойчивости внес Леонард Эйлер. Он исследовал поведение сжатых стержней с постоянным сечением и разными типами опор, включая случаи сосредоточенной и распределенной нагрузок. Для решения задач Эйлер использовал методы интегрирования приближенных и точных дифференциальных уравнений, а в сложных случаях прибегал к разложению в ряды. Ему также принадлежит анализ устойчивости стержней с переменной жесткостью, изменяющейся вдоль оси по степенному закону, что расширило понимание механического поведения конструктивных элементов [1].

После серии катастроф (например, обрушения плотины Саут-Форк в 1889 году) были введены строгие стандарты (строительные нормы и правила, сокращенно называемые СНиП, которые регламентировали нагрузки, материалы и методы расчета; международные стандарты (сокращенное их обозначение – ISO), унифицировавшие подходы к проектированию). В результате произошло повышение безопасности и надежности конструкций [2].

Современные методы проектирования основаны на компьютерном моделировании. К таким методам относятся, например, метод конечных элементов, или МКЭ, который позволяет анализировать сложные конструкции с высокой точностью; BIM (сокращение от Building Information Modeling), предполагающий интеграцию всех этапов проектирования, т. е. формирование единой цифровой модели. Искусственный интеллект помогает с оптимизацией проектных решений и прогнозированием рисков [4].

В последние десятилетия в связи с появлением новых конструкционных материалов, таких как пластмассы и легкие сплавы, ученые занялись созданием теорий прочности, которые учитывают уникальные свойства данных материалов. Развитие микросистемной техники, а также микро- и наномеханики открывает возможности для решения проблем, с которыми сталкиваются инженеры, работающие над вопросами прочности в условиях современного технического прогресса. Пластмассы и легкие сплавы снижают вес конструкций, упрощают монтаж и сокращают затраты на транспортировку. Например, алюминиевые сплавы и углепластик могут заменить сталь в каркасах

зданий и мостов. Высокопрочные пластмассы применяют для создания износостойких элементов (оконных профилей, изоляции) и даже несущих конструкций в комбинации с армирующими материалами.

Таким образом, в связи с появлением новых конструкционных материалов возникла необходимость в создании теорий прочности, отражающих специфические свойства этих материалов. Современные технологические процессы (например, связанные с применением высоких давлений) позволяют получать материалы с весьма высокой прочностью, поведение которых под нагрузкой недостаточно изучено и требует целенаправленных исследований [3].

Эволюция методов расчета и проектирования отражает прогресс науки и технологий (их эволюцию от эмпирических правил до цифровых моделей). На каждом этапе исторического развития данных методов происходили усиление безопасности строительства и эксплуатации зданий и повышение эффективности инженерных решений.

Библиографический список

1. Тимошенко С.П. История науки о сопротивлении материалов с краткими сведениями из истории теории упругости и теории сооружений / пер. с англ. В.И. Контовта. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1957. 536 с.
2. Болотин В.В., Новичков Ю.Н. Механика многослойных конструкций. М.: Машиностроение, 1980. 375 с.
3. Гибсон И., Розен Д., Стакер Б. Технологии аддитивного производства / пер. с англ. И.В. Шишковского. М.: Техносфера, 2020. 648 с.
4. Торьянников А.Ю. Исторические сведения о развитии науки сопротивления материалов // Молодой ученый. 2022. № 50 (445). С. 46–47.

EVOLUTION OF CALCULATION METHODS AND APPROACHES TO DESIGN

A.S. Dvuzhilov, S.A. Zagranichniy

***Abstract.** The historical development of calculation methods and approaches to the design of engineering structures is considered. The key stages of the evolution of the above-mentioned methods are analyzed. Special attention is paid to the impact of disasters and scientific discoveries on the improvement of design methods.*

***Keywords:** calculation methods, design, technology evolution, engineering structures, computer modeling, historical development, safety, design standards.*

Об авторах:

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

ЗАГРАНИЧНЫЙ Сергей Александрович – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: serzha.zagranichniy@mail.ru

About the authors:

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

ZAGRANICHNIY Sergey Alexandrovich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: serzha.zagranichniy@mail.ru

УДК 378.147

КЛАССИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ОТ ГАЛИЛЕЯ ДО НАЧАЛА XX ВЕКА

С.Д. Леонова, А.С. Двужиллов

© Леонова С.Д., Двужиллов А.С., 2025

***Аннотация.** Статья посвящена классической теории сопротивления материалов. Рассмотрена ее эволюция (начиная от первых экспериментов и теорий до появления более сложных подходов в начале XX века). Обозначены ключевые моменты и фигуры, оказавшие влияние на формирование вышеуказанной теории. Подчеркнута важность систематического подхода и экспериментов в изучении природы материалов.*

***Ключевые слова:** сопротивление материалов, механика, прочность материалов, закон всемирного тяготения, закон упругости, закон Кулона.*

Галилео Галилей (1564–1642) считается одним из основоположников естествознания и механики. Его работы в области движения и сопротивления материалов заложили основу для дальнейшего изучения механики. Важнейшей концепцией ученого было понимание: тяжелые объекты, падая с одинаковой высоты, достигают земли одновременно и