

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА СООРУЖЕНИЙ И ЗАКОНЫ ДИАЛЕКТИКИ

Строительные сооружения и конструкции рассчитываются для того, чтобы обеспечить безопасность, надежность и долговечность их работы и эксплуатации под нагрузками и воздействиями при соблюдении их экономичности, то есть минимальных расходов материалов, затрат на изготовление и монтаж и т.п.

Первые теоретические основы расчета строительных конструкций в строгом виде были сформулированы в XIX веке, когда был разработан метод расчета конструкций по допускаемым напряжениям, который применялся вплоть до 1938 года. По методу допускаемых напряжений требуется [1], чтобы наибольшее напряжение, возникающее в опасной точке, не превышало так называемого допускаемого напряжения:

$$\sigma_{\max} = \frac{S}{\Gamma} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{оп}}}{K}; \quad \Delta \leq [\Delta],$$

где S – усилие в элементе, сечении и т.д. (продольная сила N , изгибающий момент M и т.д.); Γ – геометрический фактор (площадь A , момент инерции W поперечного сечения и т.п.); $[\sigma]$ – допускаемые напряжения; $\sigma_{\text{оп}}$ – опасные напряжения (для пластических материалов – предел текучести, для хрупких материалов – пределу прочности материала); K – коэффициент запаса прочности, назначаемый нормативно с учетом ряда факторов; Δ – перемещения; $[\Delta]$ – допускаемые перемещения.

Теория основывалась на предположении об упругой работе материала, пропорциональности напряжений и деформаций до исчерпания возможности эксплуатации конструкций. Недостатком метода расчета по допускаемым напряжениям является то, что влияние различных факторов, влияющих на прочность элемента, учитывается одним (общим) коэффициентом запаса прочности, не учитывается многофакторность причин исчерпания возможностей эксплуатации конструкций, поэтому был неточным. Метод давал надежные результаты, но приводил к неэкономичным решениям, к неоправданному перерасходу материала за счет неизбежного завышения коэффициента запаса K .

С 1938 г. для расчета железобетонных конструкций стала применяться теория расчета по разрушающим (предельным) усилиям S (нагрузкам F). Ее основное уравнение:

$$S < [S] = \frac{S_{\text{пред}}}{K},$$

где $S_{\text{пред}}$ – предельное усилие в элементах – определялось с учетом свойств материала в стадии разрушения (например, с учетом диаграммы Прандтля); K – коэффициент запаса, по-прежнему общий и поэтому неточный, ведущий к неоправданному перерасходу материала, излишней несущей способности конструкций и неэкономичности решений.

Развитие науки продолжалось, более точными становились экспериментальные методы определения свойств материалов, расширялись теоретиче-

ские исследования, развивались методы расчета, используемые теории и подходы к расчетам все больше не удовлетворяли возрастающим объемам строительства и требованиям экономичности.

И с 1955 г. в СССР для расчета строительных конструкций был принят метод расчета по предельным состояниям, дающий возможность более гибкого учета влияния различных факторов на прочность элементов сооружения и устанавливающий связь расчета с эксплуатационными критериями годности сооружения.

В методе расчета по предельным состояниям принято две группы предельных состояний, ограничивающих нормальную эксплуатацию конструкций или делающих ее вообще невозможной.

1-я группа – по непригодности к дальнейшей эксплуатации. В нее входят:

- вязкое, хрупкое или усталостное разрушение;
- потеря устойчивости формы (общая или местная);
- потеря устойчивости положения (например, для подпорных стенок);
- качественное изменение конструкции, превращение ее в геометрически изменяемую систему;
- чрезвычайно большие деформации, связанные с текучестью материала, резонансом, недопустимые остаточные деформации и др.
- одновременное действие силовых факторов и окружающей среды.

Переход за предельное состояние первой группы – это всегда большие потери, часто сопровождающиеся утратой ценного оборудования и даже гибелью людей. Поэтому переход за предельные состояния этой группы недопустим ни в коем случае за весь срок эксплуатации конструкций. Тем более, что неизвестно, когда произойдет этот переход за предельное состояние: во время возведения сооружения или после многих лет его эксплуатации.

Основное уравнение предельных состояний 1-й группы:

$$S_p \leq \Phi.$$

Здесь: S_p – самое опасное, вероятное при заданных условиях за весь срок эксплуатации усилие в конструкции, ее элементе при самом невыгодном сочетании нагрузок и воздействий, получаемое от действия расчетной нагрузки. Расчетная нагрузка определяется путем умножения нормативной нагрузки на коэффициент надежности по нагрузке γ_f :

$$F_p = F_n \cdot \gamma_f;$$

Φ – несущая способность конструкции, ее элемента, определяемая через нормативное сопротивление материала и геометрические характеристики сечения:

$$\Phi = R_m A_c \frac{\gamma_c}{\gamma_m},$$

где γ_c – коэффициент условий работы (учитывает по существу степень идеализации расчетной модели, включая отклонения от заданных размеров, начальные несовершенства, условия эксплуатации, влияние возможной коррозии и т.п.); γ_m – коэффициент надежности по ответственности (учитывает степень ответственности сооружений).

2-я группа – по непригодности к нормальной эксплуатации или снижению долговечности конструкций. Это появление недопустимых перемещений в

широком смысле (линейные, углы поворота, колебания, появление или чрезмерное раскрытие трещин и т.п.). Основное уравнение предельных состояний 2-й группы говорит о том, что расчетное перемещение (прогиб) не должно превышать его предельной величины:

$$\Delta_p \leq \Delta_{pl}$$

За прошедшие годы эта методика неоднократно модернизировалась, но ее основа – отдельный учет разных факторов, влияющих на пригодность конструкций к эксплуатации и вероятностный подход к обеспечению пригодности конструкций к эксплуатации – сохранилась.

К концу XX века и метод расчета по предельным состояниям перестал соответствовать уровню развития науки и требованиям времени.

Широкое развитие получили вероятностные подходы в оценке свойств материалов, в оценке величин нагрузок, что позволило определять более точные их значения, более глубокое развитие получили методы расчета, учитывающие нелинейную работу материалов, более четко стало возможным определять предельное состояние сечений, а также конструкций и сооружений в целом. Серьезное развитие получили и методы оценки надежности конструкций и сооружений.

Сегодня (с 2015 года) расчет строительных конструкций в Республике Беларусь выполняется по Евронормам. Подходы и методы расчета вобрала в себя результаты научных исследований многих стран, получили международный уровень. Здесь прослеживается и переход от национального к интернациональному.

Изложенная история развития методов расчета строительных сооружений четко иллюстрирует и подтверждает действие закона отрицания отрицания, одного из основных законов диалектики [2].

Закон отрицания отрицания характеризует направление процесса развития, единство поступательности и преемственности в развитии, возникновение нового и относительной повторяемости некоторых моментов старого. Впервые был сформулирован Г. Гегелем, хотя отдельные черты этого закона (диалектический характер отрицания, роль преемственности в развитии, нелинейный характер направления развития) фиксировались и в предшествующей истории философии.

Отрицание старого происходит в результате действия объективных законов, как процесс разрешения, возникающих внутренних противоречий – несоответствия потребностей общества и уровня подходов в методах расчета.

Современная модель закона отрицания отрицания в развитии методов расчета в теории сооружений включает:

прогрессивную направленность действия закона, ведущего к повышению уровня точности расчета, к учету все большего количества факторов, влияющих на напряженно-деформированное состояние элементов сооружения;

рост упорядоченности структуры (уменьшение ее энтропии) от отрицания к отрицанию на основе накопления информации, экспериментальных данных и теоретических исследований;

зависимость характера отрицания от уровня организации, в уменьшении доли элиминируемого от скачка к скачку, при переходе к более точным методам расчета;

относительную завершенность процесса самоорганизации после ряда циклов (отрицаний), и переходу к более глобальным подходам, учитывающим более широкий спектр результатов исследований (переход к Евронормам).

В приведенном виде закон отрицания отрицания наиболее полно выражает (и отражает) диалектическую концепцию развития. В нем как бы сконцентрирована центральная проблема диалектики – теория развития, ибо закон отрицания отрицания раскрывает механизм развития как борьбу противоположностей, формулирует понятия диалектического ритма движения и цикличности, связанных с усилением и снятием противоречий. Закон отображает не только преемственность и скачкообразность переходов возросшего количества в новое качество, но и диалектику и прогрессивную направленность этих переходов. При этом закон отрицания отрицания заключает в себе огромный мировоззренческий смысл и является не только одним из всеобщих законов диалектики, но как бы синтезирует в себе и другие законы диалектики.

Диалектическое отрицание не просто удерживает часть отрицаемого, но преобразует его применительно к новому качеству. Развитие совершается таким образом, что оставшиеся от старого элементы структуры и соответствующие им свойства приобретают новые свойства, подчиняются новым законам. Таким образом, диалектическое отрицание выполняет роль связующего звена между старым и новым, обеспечивая преемственность в развитии.

Список цитированных источников

1. Снитко, Н.К. Строительная механика: учебник для вузов / Н. К. Снитко. – М. : Высшая школа, 1980. – 431 с.
2. Лебедев, С.А. Философия / С. А. Лебедев [и др.]. – М. : МГУ, 2004. – 304 с.

УДК 624.014.2

Веренич А.А.

Научный руководитель: доц. Зинкевич И.В.

ВЛИЯНИЕ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ФОРМЫ СЕЧЕНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ТОНКОСТЕННЫХ ХОЛОДНОФОРМОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В последние годы в Республике Беларусь остро стоит вопрос экономии материалов и ресурсов, как в строительной отрасли, так и в других отраслях промышленности. Так же важным фактором является трудоемкость и время возведения зданий и сооружений. Все эти предпосылки дали возможность развития в нашей стране технологии легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК). Технология ЛСТК представляет собой альтернативный способ каркасного строительства. В его основе лежат тонкостенные холодногнутые оцинкованные профили (сокращенно ТХП) различного сечения и толщины (чаще всего до 3 мм), скрепленные между собой при помощи самонарезающих винтов или болтов. Профили производятся в условиях завода на современном автоматизированном оборудовании путем холодного формования.

Особенностью проектирования и расчета конструкций из ТХП является их тонкостенность. При определении несущей способности и жесткости холодноформованных элементов следует учитывать влияние потери местной устойчивости и устойчивости формы сечения. Влияние потери местной устойчивости учитывается с помощью геометрических характеристик эффективного сечения, рассчитанных на основе эффективной ширины. Влияние потери устойчивости формы сечения следует учитывать для элементов с краевыми или промежуточными элементами жесткости (рис. 1). В этих случаях влияние по-