

Очевидно, существовавшие до настоящего времени методы расчета конструкций могут быть использованы параллельно с методикой ТКП, но окончательное решение должно приниматься на основании более глубокого изучения всевозможных расчетных ситуаций и их анализа.

УДК 624

Численные исследования крутильной жесткости прокатных и составных профилей

Михневич В.Л.

Научный руководитель: Давыдов Е.Ю.

Белорусский национальный технический университет
Минск Беларусь

При расчетах конструкций на устойчивость многие прибегают к формуле Эйлера. Ошибочным является суждение того, что потеря по этой формуле является наиболее частым случаем. Следует обратить внимание на работы советского ученого проф. Василия Захаровича Власова, который независимо от других авторов в 1936 г. дал наиболее общую теорию расчета любых тонкостенных незамкнутых профилей на совместное действие изгиба и кручения. Согласно исследованиям профессора Василия Захаровича Власова потеря устойчивости по Эйлеру является лишь частным случаем. Он утверждал, что тонкостенные конструкции теряют устойчивость по изгибно-крутильной форме.

Рассмотрим более подробно утверждения профессора Василия Захаровича Власова и предпосылки для его выводов. Значительным шагом вперед в теории изучения стесненного кручения являются работы К. Вебера (1924 – 1926 гг.). Ведь Вебер обратил внимание на связь между центром изгиба и центром кручения, т.е. той точкой сечения, которая при стесненном кручении не перемещается. Он доказал, что обе эти точки совпадают.

В 1928 г. появилась известная работа Вагнера, содержащая наиболее существенные элементы современной теории стесненного кручения тонкостенных профилей. В своей работе Вагнер пользуется гипотезой о недеформируемости контура поперечного сечения (в

неявном виде этой гипотезой пользовался и Вебер) и впервые устанавливает, что в тонкостенных профилях нормальные напряжения при стесненном кручении распределяются по особому закону.

Следует отметить наличие в работе Вагнера принципиальной ошибки. По Вагнеру получается, что изгибная и крутильная формы потери устойчивости независимы друг от друга. Как показали исследования профессора Власова, в общем случае обе формы не встречаются в чистом виде, т. е. отдельно друг от друга; разделение формы потери устойчивости на независимые изгибную и крутильную формы может быть только в частных случаях, например, для профилей с двумя осями симметрии.

Профессор Власов при решении задачи на потерю устойчивости отказывается от понятия «стержень» и рассматривает профиль как тонкостенную пространственную складчатую систему, работающую не только на осевые (нормальные и сдвигающие) силы, но также и на моменты, вызывающие изгиб профиля в поперечном направлении. Что позволяет не только получить более точные данные, но и в целом приближает расчет к реальной ситуации.

Профессор В.З. Власов установил новый закон распределения напряжений, возникающих в стенках профиля при кручении. Также профессор В.З. Власов разработал общую теорию устойчивости тонкостенных открытых профилей. Согласно этой теории потеря устойчивости в ее чистом виде (без кручения) возможна только тогда, когда продольная сжимающая сила приложена в так называемом «центре изгиба» (точка для которой касательные напряжения равны нулю). Во всех же остальных случаях стержень потеряет устойчивость по «изгибно-крутильной» форме при нагрузке меньшей, чем в первом случае. Исходя из этих утверждений можно прийти к выводу о том, что при расчете по формуле Эйлера мы закладываем более низкие значения, что может привести к потере устойчивости конструкции.

Рассматривая практические примеры можно наткнуться на расчет, приведенный в Энциклопедии по машиностроению XXL. При расчете и сравнении критической силы были получены данные о том, что потеря устойчивости стержня (в рассматриваемом случае) происходит по изгибно-крутильной форме, и величина критической силы по Власову в 1,8 раза меньше чем при расчете по Эйлеру.

Исходя из выше указанной информации можно сделать вывод о том, что для получения более точных результатов расчет должен

производиться по изгибно-крутильной форме потери устойчивости согласно профессору Власову. При расчете по этой форме существуют некоторые сложности. Жесткостью при кручении является произведение модуля упругости материала и момента инерции сечения при кручении (крутильное сопротивление).

GI_p – жесткость при кручении.

Наибольшая неточность присутствует в расчете момента инерции при кручении. При его расчете для профилей, состоящих из узких прямоугольников, например, уголков, двутавров, швеллеров и т. п., момент инерции определяется формулой:

$$I_d = \alpha \sum \frac{b \cdot \delta^3}{3}$$

где: b и δ - высота и толщина отдельных прямоугольников, из которых составлен профиль.

α – опытный коэффициент, зависящий от формы сечения.

Наибольшая проблема при вычислениях состоит в том, что в научной литературе и нормативных документах нет четкого значения опытного коэффициента. Рассмотрим несколько вариантов представленных данных по значению этого коэффициента.

Согласно различным источникам значения могут варьироваться от 1,1 до 1,5 в зависимости от различных факторов, таких как форма сечения, наличие ребер жесткости и условий закрепления.

Согласно руководству по подбору сечений элементов строительных конструкций следует принимать следующие значения: 1,3 – для двутавров, 1,12 – для швеллеров.

Согласно СНиП следует принимать: 1,3 – единый вариант, 1,25 – для двутавров с одной осью симметрии, 1,2 – для стержней таврового сечения.

В учебном пособии по сопротивлению материалов (И.А.Битер и Р.Р.Мавлютов) можно найти следующие рекомендации: при сечении состоящем полностью из прямоугольников коэффициент равен 1; при наличии радиусов скругления коэффициент равен 1,1 – 1,2.

Также можно рассматривать эксперименты, проводимые ранее. По экспериментам А. Феппля для шести испытанных им швеллеров тот же коэффициент колебался в пределах 0,98 — 1,25. По аналогичным экспериментам, проведенным в Иллинойском университете,

дан поправочный коэффициент, заключающийся в пределах 1,01—1,25. По экспериментам А. Феппля для пяти испытанных им обыкновенных (не широкополочных) двутавров поправочный коэффициент колебался в пределах 1,16 – 1,44. При этом с увеличением размера двутавра значение коэффициента уменьшалось.

В нашем исследовании был использован расчетный комплекс ANSYS, так как он не сводит конструкцию к стержневой модели, а рассматривает ее как тонкостенную пространственную складчатую систему. Исходя из этого многие расчетные комплексы СПДС для расчета не подходят. Рассмотрим расчет двутавров с консольным закреплением без ребер жесткости (рассматриваются как двутавры составного, так и прокатного сечений). При моделировании закладывается материал, сечение, размеры, условия закрепления и приложения нагрузки к конструкции. Таким образом мы создаем балку двутаврового сечения и прикладываем к ней пару сил, для создания крутящего момента. Рассматриваются сразу несколько сечений с параллельными полками согласно СТО АСЧМ 20-93 и аналогичные по размеру составные сечения.

По результатам работы была подтверждена зависимость опытного коэффициента от размера двутавра, а именно при увеличении размера сечения коэффициент уменьшается и проведено сравнение полученных и уже существующих результатов.

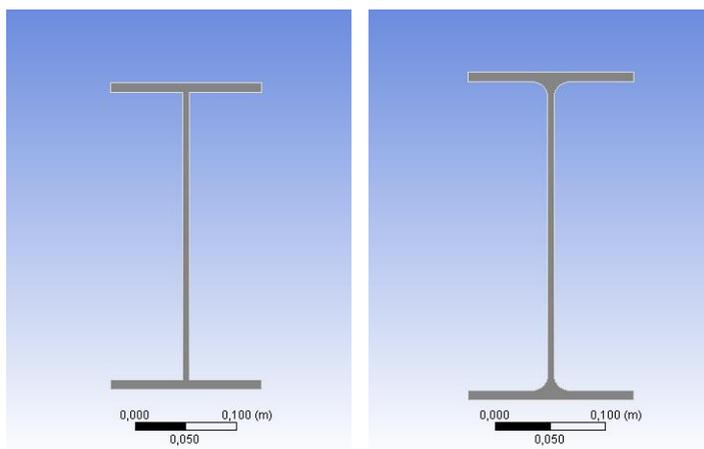


Рис. 1. Рассматриваемые сечения

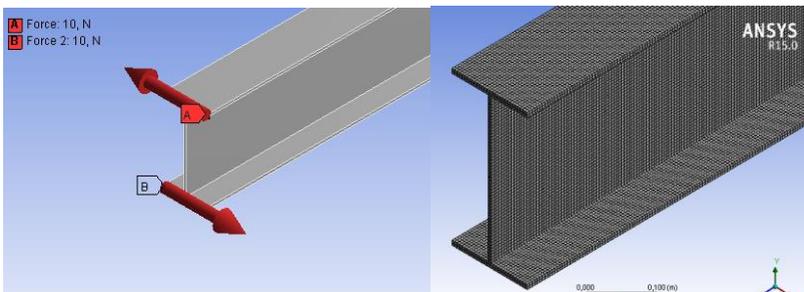


Рис. 2. Приложение нагрузки к модели и наложение сетки для последующего расчета

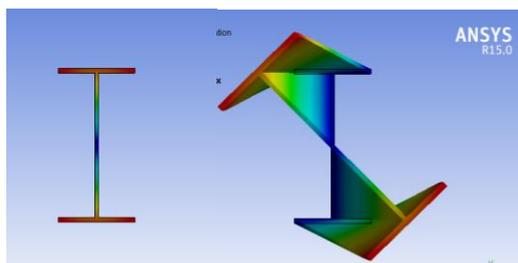


Рис. 3. Деформация сечения

Таблицы 1

Сравнение значений коэффициента для двутавров

Источник данных	Значение
СНиП	1,25-1,3
Руководство по подбору сечений	1,3
Сопротивление материалов	1,1-1,2
Эксперименты Феппля	1,16-1,44
Полученные значения	1,155-1,208

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов В.З. Избранные труды. Тонкостенные упругие стержни. Принципы построения общей технической теории оболочек (том 2) / В.З. Власов — Москва: АН СССР, 1963. — 507 с.
2. СНиП II-23-81* Стальные конструкции (с Изменениями, с Поправкой) — Дата введения 1982-01-01

3. Лашенко М.Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений / М.Н. Лашенко — Стройиздат. Ленинград. 1969. — 183 с.

4. Бычков Д.В. Строительная механика стержневых тонкостенных конструкций / Д.В. Бычков — Москва: Госстройиздат, 1962.

5. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев — Киев: Высшая школа, 1979. — 696 с.

6. Руководство По подбору сечений элементов Строительных стальных конструкций. — Москва: ГОССТРОЙ СССР, 1988.

УДК 624.07

Проектирование сотовых панелей

Мицкевич В.М.

Научный руководитель: Згировский А.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Основными проблемами для проектировщиков и инженеров-конструкторов были и остаются вопросы разработки и изготовления оптимальных конструкций для условий сложного нагружения. При этом во все времена ценилась та конструкция, на которую затрачивалось меньше материала и рабочего времени, и она могла удовлетворить заданным условиям эксплуатации. Наиболее рациональными конструкциями, работающими в условиях изгиба, сжатия или совместного действия этих нагрузок, являются многослойные конструкции. Это обуславливается тем, что для балки, изогнутой поперечной нагрузкой, нормальные напряжения по поперечному сечению распределены линейно с нулевым значением на центральной оси (рис. 1.1). Следовательно, при изгибе в полной мере работают только крайние волокна сечения, и чем ближе к центральной плоскости расположен слой материала, тем меньше его участие в работе.

Представителем многослойных конструкций, наиболее часто встречающихся в строительстве, являются трехслойные конструкции, в частности сэндвич-панели.