Для вычисления прогибов элементов использовался метод последовательных приближений. Алгоритм расчета был следующим:

Коробчатый несущий элемент разбивается на 100 отрезков равной длины.

В первом приближении вычисляются упругие балочные прогибы (с учетом опорных точек).

Определяются моменты внешних сил и краевые деформации в тех же точках при полученных прогибах.

Для каждого из отрезков уточняются модули E_x.

С помощью интеграла Мора вычисляются прогибы в середине каждого отрезка с найденными моментами и уточненными модулям E_x.

Программа возвращается к пункту 3 алгоритма с полученными прогибами до достижения заданной точности расчета.

Результаты анализа НДС выводятся на экран монитора и печать.

В заключение следует отметить, что использование данной методики для моделирования напряженно-деформированного состояния, позволяет оценивать резервы несущей способности и рассчитывать опорные элементы силосов.

Список литературы

1. Васильков Ф.В. О прогибах и пластическом деформировании стальных внецентренно-сжатых стержней / Ф.В. Васильков В.Е. Буланов // Изв. Вузов. Стр-во.- 1999.-№1.- С. 4-6

2. Мазов А.А. Пластическое деформирование стальных стержней переменной жесткости /А.А. Мазов, В.Е. Буланов.// Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Тамбов, 2010 №4-6(29). – С. 60-63.

3. Буланов В.Е. О напряженно-деформированном состоянии внецентренно-сжатых элементов / В.Е. Буланов, А.А. Мазов // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития, 2008: Сб. науч. трудов по материалам Международ. науч.-практич. конф. Т. 3. Технические науки. Одесса: Черноморье, 2008. – С. 14-18.

4. Буланов Е.В. О прогибах и пластическом деформировании стальных стержней коробчатого сечения / Е.В. Буланов, А.В. Соломатина, В.Е. Буланов // «Современные направления теоретических и прикладных исследований' 2013».: Сб. науч. трудов Sworld. Материалы международ. научно-практич конф. Выпуск 1. Том 43. – Одесса: Куприенко, 2013. – С. 64-68.

ВАРИАНТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОСА

Петрова О.А.

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, e-mail: petrovaolga.95@mail.ru

Сыпучие материалы имеют широкое применение во всех отраслях промышленности. Их использование не возможно без хранения и транспортировки. Для этого используются силосы различной конструкции.

Силос представляет собой вертикальную цилиндрическую или прямоугольную емкость с плоским или конусным днищем с отверстием (окном) и плоской крышей. Традиционно силосы с конусным днищем имеют диаметр от 2,5 до 11 м и высоту от 5,5 м до 28 м.

Вертикальное расположение силоса способствует экономии площади для установки. Установка силосного корпуса осуществляется на металлическую опорную раму, высота которой зависит от целей использования силоса, его конструкции. Для надежной и эффективной эксплуатации силоса на него монтируется различное технологическое оборудование, например, рукавные фильтры, датчики уровней, вибраторы и аэрационные устройства (для равномерного распределения продукта внутри емкости и обеспечения так называемой текучести продукта во время его отпуска), краны отбора проб, моечные головки, смотровые стекла, различные воздуховоды и т.д.

При изготовлении несущих конструкций в основном используется двутавровое сечение. Однако возникает необходимость подбора оптимальных размеров элементов, обеспечивающих восприятие нагрузок и удовлетворяющих экономическим интересам. При определении размеров двутавровых элементов с переходом от одной толщины проката к другой наблюдается скачкообразное изменение расчетного сопротивления, что не позволяет минимизировать функцию площади сечения. Для устранения этого недостатка при выборе сечения предлагается следующий алгоритм.

1. Вводятся исходные данные (нагруженность N/l_x^2, эксцентриситет e_0/lx, соотношение расчетных длин l_y/l_x, расчетное сопротивление R_y). Для каждого набора исходных данных расчет производится отдельно.

2. Задается и варьируется высота двутавра h.

3. Задается и варьируется гибкость стенки.

4. При заданных высоте и гибкости стенки, подбирается необходимая площадь сечения полки и определяется площадь сечения всего двутавра.

5. Гибкость стенки по аналогии с [1-5] варьируется до тех пор, пока не определяется самый экономичный вариант двутавра для заданного значения h. Затем принимается новая высота h, и расчеты повторяются.

Площадь сечения полок двутавра подбирается следующим образом:

– задается первоначальное значение площади сечения полки A_f;

– вычисляются прогибы стержня, подсчитываются полные эксцентриситеты приложения нагрузки $e = e_0 + f_x$, определяются краевые деформации; если деформация превосходит предельное значение, то возвращаемся к началу цикла по назначению размеров полки;

– определяется критическая гибкость полки, и исходя из этой гибкости и текущей площади A_f определяется ширина и толщина полки; если оказывается, что ширина полки превосходит h, то она принимается равной h, а толщина полки – равной A_f/h;

– скомпонованное сечение проверяется соответствию конструктивных условий, если выявляются противоречия, то изменяем гибкость стенки или высоту двутавра h;

– устойчивость стенки проверяется в двух местах: на опоре стержня и в его середине; если хотя бы в одном из этих мест стенка оказывается неустойчивой, то возвращаемся к началу цикла;

– производим проверку устойчивости стержня из плоскости действия момента; если устойчивость стержня оказывается необеспеченной, возвращаемся к назначению новой большей величины A_f, и весь расчет повторяем.

Высота двутавра h, гибкость стенки λ_w и площадь полки A_f варьируются с переменным шагом. Схема вариаций одинаковая для всех параметров и поясняется на примере поиска выгодной высоты двутавра h (рис. 1).

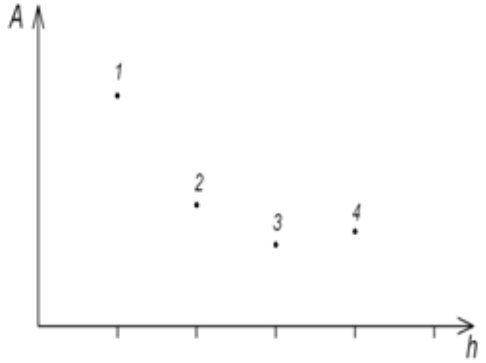

Рис. 1. Выбор оптимальной высоты сечения

Предварительно принимается какое-то минимальное значение h. За тем высота увеличивается с определенным шагом до того момента, пока площадь сечения двутавра А не оказывается больше, чем при предыдущем значении высоты. Следовательно, минимум А располагается между точками 2 и 4.

Локализовав соответствующий интервал высот, возвращаемся к точке 2 и начинаем снова менять высоту двутавра, но уже с шагом вдвое меньшим. Определяется новый, уже меньший интервал значений h. Количество приближений зависит от требуемой точности вычисления высоты.

Данная методика позволяет выбрать сечение внецентренно сжатых и сжато изгибаемых несущих элементов силосов с оптимальными размерами.

Список литературы

1. Буланов В.Е. О напряженно-деформированном состоянии внецентренно-сжатых элементов / В.Е. Буланов, А.А. Мазов // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития, 2008: Сб. науч. трудов по материалам Международ. науч.-практич. конф. Т. 3. Технические науки. Одесса: Черноморье, 2008. – С. 14-18.

2. Буланов, Е.В. О прогибах и пластическом деформировании стальных стержней коробчатого сечения/ Е.В. Буланов, А.В. Соломатина, В.Е. Буланов// Современные направления теоретических и прикладных исследований' 2013».: Сб. науч. трудов Sworld. Материалы международ. научно-практич конф. Выпуск 1. Том 43. – Одесса: Куприенко, 2013. – С. 64-68.

3. Васильков, Ф.В. О прогибах и пластическом деформировании стальных внецентренно-сжатых стержней / Ф.В. Васильков В.Е. Буланов // Изв. Вузов. Стр-во.- 1999.-№1.- С. 4-6

4. Мазов А.А. Пластическое деформирование стальных стержней переменной жесткости /А.А. Мазов, В.Е. Буланов.// Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Тамбов, 2010 №4-6(29). – С. 60-63.

5. Свидетельство о гос. регистрации программ для ЭВМ 2010617702. Расчет по деформациям внецентренно сжатых двутавровых стержней / Буланов В.Е. Мазов А.А.; правообладатель Тамб. гос. техн. ун-т.; заяв. 21.09.10; зарег. 19.11.10 в реестре программ для ЭВМ.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВНЕЦЕНТРЕННО-СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Селезнев А.Д., Петрова О.А., Буланов В.Е.

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, e-mail: selezen95@yandex.ru

Оценка напряженного состояния не может быть корректно выполнена без установления зависимости между условными напряжениями и деформациями. Для этого применяются различные зависимости. Наиболее широкое распространение получила упрощенная идеализированная прямолинейная диаграмма работы материала (диаграмма Прандтля). Ее использование привело к появлению различных практических методов расчета элементов, избавив от необходимости рассмотрения различных диаграмм для каждого из материалов, и позволило разработать общие методы расчета конструкций из различных металлов. На ней пределы пропорциональности и текучести и соответствующие им условные деформации принимаются равными 1. Данная диаграмма четко разграничивает упругую и упруго-пластическую стадии работы материала конструкции.

В последнее время предпринимаются различные попытки применения диаграмм с криволинейными участками между пределами пропорциональности и текучести. Среди них следует отметить экспоненциальную кривую и кривую с эллиптическим участком.

Мы попытались сравнить деформации и прогибы элементов коробчатого сечения (рис.1 а) для диаграммы Прандтля и эллиптической в процессе исчерпания несущей способности из-за двухсторонней текучести материала (рис. 1 б, в).

Общепринято [1] задавать линию оси деформированного стержня в виде полуволны синусоиды. Мы, по аналогии с [2, 3], для вычисления прогибов стержня использовали обычные интегралы Мора, полагая прогиб f_x на расстоянии z от опоры равным

$$f_z = \int_l \frac{M_z M_1}{E_x I} dx \,, \qquad (1)$$

где M_z – момент от силы N; M_1 – момент от единичной силы, приложенной в точке определения прогиба (на расстоянии z от левой опоры); I – осевой момент инерции сечения стержня; E_{x-} приведенный условный модуль, изменяющийся по длине зоны пластического деформирования.

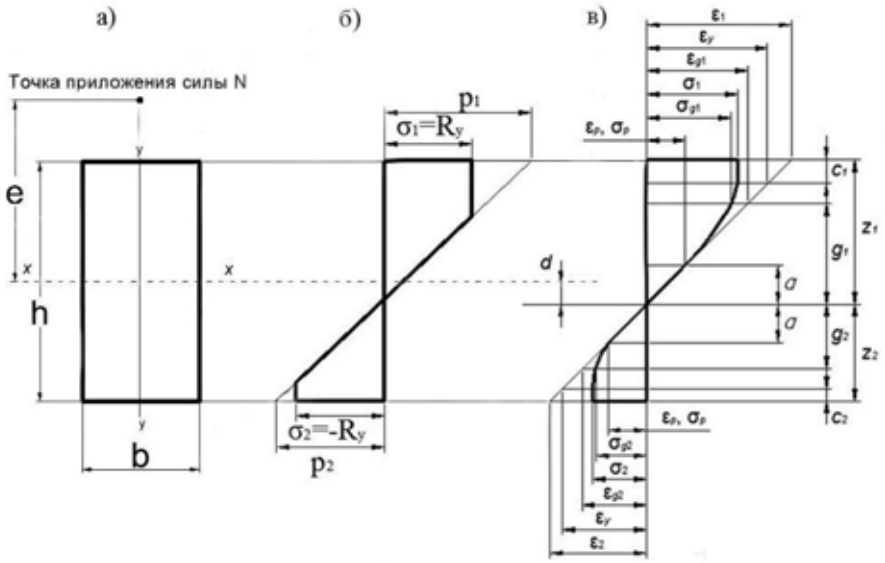

Рис. 1. Эпюры напряжений и деформаций:
а – сечение; б – при диаграмме Прандтля; в – при эллиптической диаграмме