

Предварительно принимается какое-то минимальное значение  $h$ . За тем высота увеличивается с определенным шагом до того момента, пока площадь сечения двутавра  $A$  не оказывается больше, чем при предыдущем значении высоты. Следовательно, минимум  $A$  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

$$f_z = \int_1 \frac{M_z M_1}{E_x I} dx, \quad (1)$$

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.

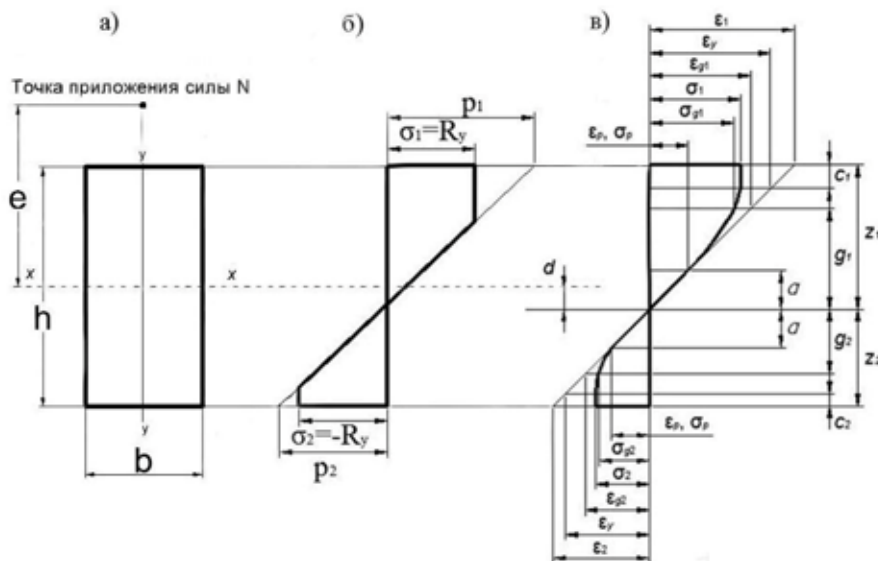


Рис. 1. Эпюры напряжений и деформаций:  
а – сечение; б – при диаграмме Прандтля; в – при эллиптической диаграмме

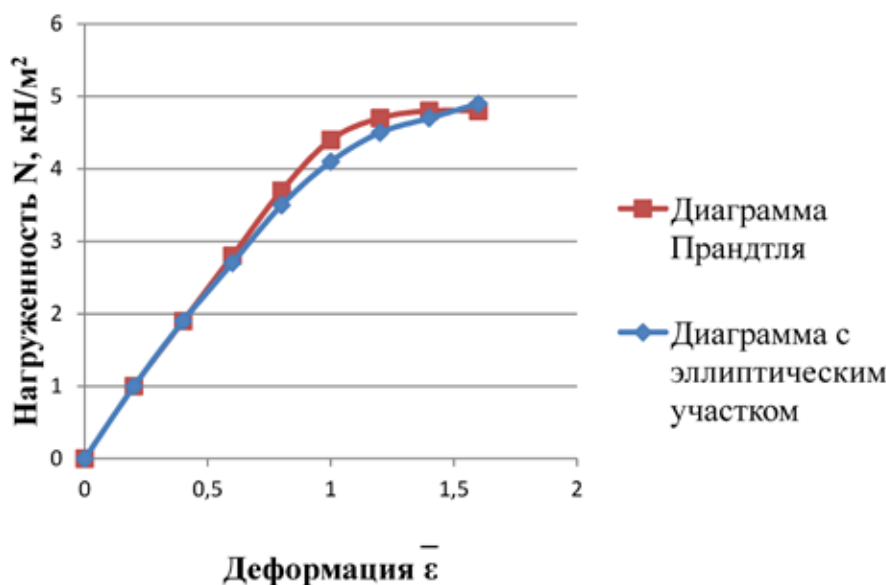


Рис. 2. Диаграмма деформаций сжатого пояса в среднем сечении

Для вычисления прогибов, напряжений и деформаций разработан следующий алгоритм, реализованный в [4]:

1. Производится ввод исходных данных – размеры стержня и сечения, нагрузка и эксцентриситет ее приложения, расчетное сопротивление стали.
2. В первом приближении вычисляются балочные упругие прогибы в 99 точках стержня.
3. Определяем моменты внешних сил в 101 точке (включая опоры).
4. Для каждого отрезка вычисляем напряжения и значения модуля  $E_x$ .
5. Находим прогибы, учитывая новые модули деформаций.
6. С полученными значениями прогибов программа возвращается к пункту 3 алгоритма, до обеспечения заданной точности расчетных значений.
7. Остаточные прогибы вычисляются после полной разгрузки стержня.
8. Исходные данные и полученные величины прогибов и деформаций выводятся на печать.

В результате расчетов по различным диаграммам работы материала были определены значения в точках на опорах и в точках расположенных на расстояниях 0,1l по длине стержня. Результаты расчета показали, что при упругой работе материала деформации и прогибы практически не зависят от вида диаграммы работы материала и формы изогнутой оси (рис. 2). По мере роста нагрузки при деформациях превышающих предел пропорциональности диаграммы  $\bar{\sigma} - \bar{\epsilon}$  расходятся все сильнее с ростом высоты сечения и соотношения площадей полок и стенок. Использование идеализированной диаграммы приводит к значительному занижению перемещений стержня. Предельные нагрузки достаточно близки для обоих видов диаграмм.

**Список литературы**

1. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции актуализированная редакция СНиП II-23-81 – М., 2011. – 178 с.
2. 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.

3. 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.
4. Свидетельство о гос. регистрации программ для ЭВМ 2014612698. Расчет внецентренно-сжатых стержней коробчатого и двутаврового сечений / Буланов В.Е., Буланов Е.В., Козлов А.А., Монастырев П.В.; правообладатель Тамб. гос. техн. ун-т; заяв. 21.01.14; зарег. 05. 03.2014 в реестре программ для ЭВМ.

**УСИЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ СЕТЧАТОЙ  
ОБОЛОЧКИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ  
ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ**

Тестоедов П.С., Трянина Н.Ю.

*Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет (НИГАСУ),  
Нижний Новгород, e-mail: ptestoedov@mail.ru*

Авторами проведено численное исследование работы сетчатой оболочки инженера В.Г. Шухова в условиях отказа отдельных несущих элементов системы в результате аварийного воздействия. Такой расчет оценивает свойства живучести конструкции. Тема исследования достаточно актуальна, так как в настоящее время, вопреки прогрессу в области проектирования строительных конструкций, проблема живучести далека от ее эффективного решения [1].

Расчет на прогрессирующее обрушение был проведен для исследуемой конструкции для различных вариантов обрушения в программном комплексе SCAD по методике, предложенной авторами [2, 3]. Данный расчет был выполнен после статического расчета конструкции, подбора сечений элементов по первому и второму предельным состояниям.

Для расчета сетчатого покрытия было разработано три варианта конечно-элементной модели:

- конечно-элементная модель покрытия была составлена без учета работы связей;
- была учтена работа связей по нижним поясам арок;
- были выполнены усиление конструкции путем введения продольных элементов покрытия.

В результате расчета был сделан вывод, что конструкция сетчатой оболочки двояковыпуклой кри-