

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-

визны обладает низким индексом живучести и может быть предрасположена к прогрессирующему обрушению. На рис.1 представлены результаты расчета покрытия на живучесть в динамической постановке по первому варианту конечно-элементной модели при обрушении узла сетки. Красным цветом показаны обрушившиеся элементы, зеленым – работающие.

Был сделан вывод, что для динамического расчета необходимо использовать более точные расчетные схемы, чем для расчета статического. Элементы, которые считаются второстепенными при расчете на статические нагрузки, при расчете на нагрузки динамические играют достаточно важную роль. Это было проверено при расчете на прогрессирующее обрушение конструкции покрытия универсального спортивно-зрелищного сооружения. На рис. 2 представлены

результаты расчета покрытия на живучесть при обрушении узла сетки по второму варианту конечно-элементной модели, т.е. с учетом работы связей.

Были предложены меры по усилению конструкции и предотвращению прогрессирующего обрушения [4]. Предлагается несколько вариантов ее усиления: увеличение связности в конструкции, увеличение поперечных сечений отдельных элементов. Конструкция покрытия была усилена продольными элементами (рис.3). При этом жесткость конструкции значительно увеличивается, конструкция может работать как оболочка. Значительно увеличивается внутренняя статическая неопределенность конструкции. В результате усиления видно, что конструкция стала более жесткой и более устойчивой к возникновению прогрессирующего обрушения.

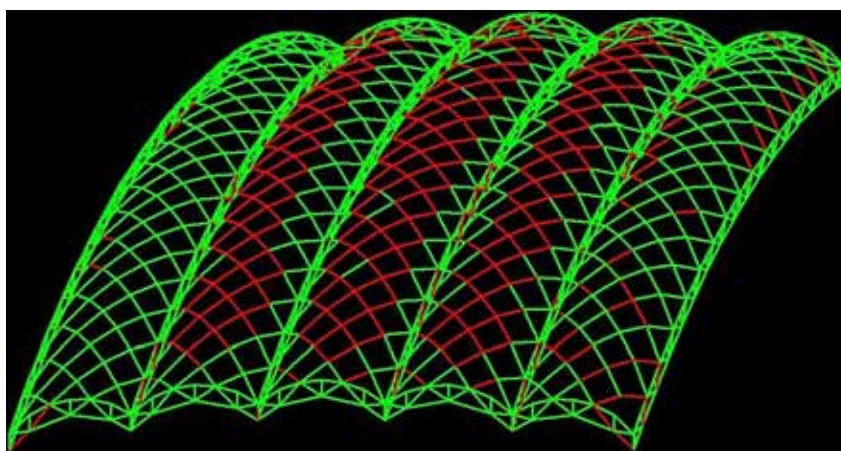


Рис. 1. Результат расчета на живучесть по 1-му варианту конечно-элементной модели

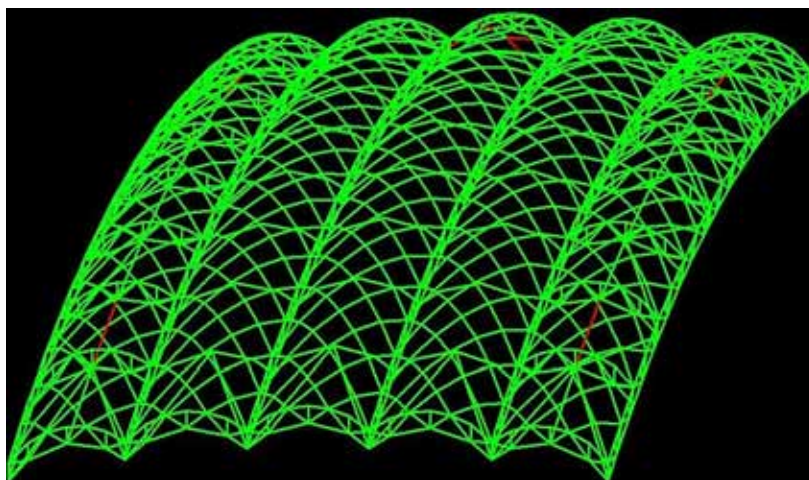


Рис. 2. Результат расчета на живучесть с учетом работы связей по второму варианту

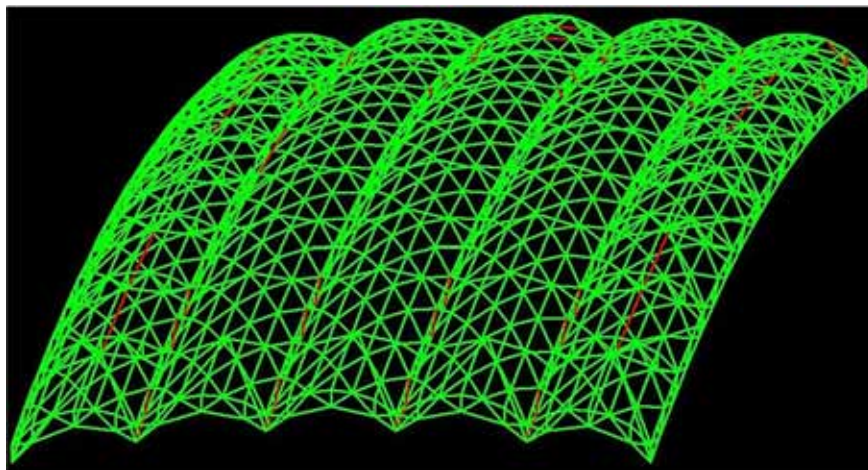


Рис. 3. Результат расчета на живучесть конструкции, усиленной продольными элементами

#### Заключительные выводы по статье

1. Данная конструкция покрытия без учета работы связей при расчете на прогрессирующее обрушение имеет низкий коэффициент живучести;

2. При учете работы второстепенных элементов (связей) при расчете на прогрессирующее обрушение живучесть конструкции значительно повышается. При этом не произведено никаких усилений конструкции. Средний коэффициент живучести возрастает с 78,77% до 92,25%. При аварийном воздействии в данной модели усилия распределяются еще и на связи при условии равнопрочного соединения в узлах.

3. Усиление покрытия продольными элементами значительно повышает живучесть конструкции, увеличивается ее статическая неопределимость.

#### Список литературы

1. Кудишин Ю.И., Дробот Д.Ю. К вопросу о живучести строительных конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. – 2008. – № 2 (217). – С. 36 – 43.
2. Тестоедов П.С., Трянина Н.Ю. Методика моделирования прогрессирующего обрушения в ПК «SCAD» с использованием динамических нагрузок // Материалы II Всероссийской студенческой научно – практической конференции «Инновационные тенденции строительства: теоретические и прикладные аспекты» – 2014 – С. 36.
3. Тестоедов П.С., Трянина Н.Ю. Исследование вопросов живучести висячего сетчатого покрытия // Международный научно-промышленный форум «Великие реки – 2014». Труды конгресса. Н.Новгород. гос.архит.-строит.ун-т -2014 г.
4. Тестоедов П.С., Трянина Н.Ю. Комплексное усиление конструкции висячего сетчатого покрытия для предотвращения прогрессирующего обрушения // Сборник статей II Международной научно – технической конференции «Актуальные проблемы механики в современном строительстве» – 2014 г – С. 147- 151.

#### НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ РЕЦИКЛИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ГОРОДЕ КРАСНОЯРСК

Щепетова А.М.

Сибирский федеральный университет, Красноярск,  
e-mail: anastasiashchetova@gmail.com

Строительство, как и любая производственно-хозяйственная деятельность предполагает также вывоз промышленных отходов. Существует два общеизвестных способа утилизации промышленных отходов: захоронение на промышленном полигоне и переработку строительных отходов в целях использования их как вторичное сырье. Первый из представленных способов утилизации представляет опасность для экологической составляющей региона. В рамках этого способа утилизации существует ряд методик по захоронению промышленных отходов в горных вы-

работках отработанных карьеров и шахт. Однако следует отметить, что организация такого полигона в значительной степени сказывается на экологии. Второй из представленных способов утилизации предпочтительней, во-первых, это не наносит вред окружающей среде, во-вторых, за отходы, используемые в качестве вторичного сырья, не взимается плата в бюджет. Более того, на этом способе утилизации, при грамотном распоряжении, можно еще и заработать. Данный факт в условиях Мирового финансового кризиса является немаловажным. С увеличением темпов строительного рынка возросла потребность застройки. Одним из вариантов, высвобождения площадей является снос старых зданий и сооружений, при котором возникает значительное количество строительных отходов. В целом по России ежегодно образуется около 20 млн. тонн строительных отходов. О том, какая доля от этой суммы приходится на Красноярск, остается лишь предполагать, так как официальной статистики по строительному мусору в городе не существует. В 2013 году в г. Красноярске ликвидировано 250 несанкционированных свалок с объемом от 5 до 42 тыс. м<sup>3</sup>. Общий объем вывезенных со свалок отходов составил 93,366 тыс. м<sup>3</sup>. В свою очередь, перед строительной отраслью поставлена главой края новая задача – несмотря на кризис ежегодно вводить в Красноярске 750 тысяч кв. м жилья, в районах края – 600 тысяч. Город должен оставаться в авангарде по объемам сданных «квадратов», так как здесь сохраняется динамика спроса на недвижимость, есть неплохой задел по земельным участкам, намечены долгосрочные проекты комплексной застройки. Составлен также план сноса аварийного жилья, которое по своим объемам вырывается в солидную цифру строительных отходов хотя бы в качестве бетонных фундаментов зданий, не говоря уже о других конструктивных элементах, которые могут быть переработаны, но более вероятно, окажутся на переполненных и без того городских свалках и полигонах.

Исследования Европейской Ассоциации по ежегодному сносу зданий на нашей планете показали, что образуется этого хлама строительных отходов целых 2,5 млрд. т, а то и свыше. Отметим, что из них только в Европе – 180 млн. т. Для цивилизованной Европы, реально смотрящей на эти вещи, и выходящей в этой «горе мусора» настоящую проблему, возникают цели и задачи, связанные с этим, о чем не скажешь про нас с вами. Единственным городом, кто действительно за-