

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КАРКАСА СОЛНЕЧНОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

**Хлыщов Н.В.** (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

***Abstracts.** In the work the problem of restoring the load-carrying capacity of the frame of a solar heating system is described. Also, the relevance of computer modeling of existing schemes for strengthening structures is disclosed.*

***Key words:** computer modelling, load bearing capacity, solar heating system*

В ОСМД «Бульвар» в г. Одессе осуществлена практическая реализация проекта солнечной нагревательной системы (СНС) [1] для горячего водоснабжения с поверхностью коллекторов около 150м<sup>2</sup> (рис. 1). При натурных обследованиях данной несущей конструкции через год эксплуатации обнаружено критическое нарушение несущей способности каркаса солнечной системы из-за неучтенного воздействия реально действующих ветровых и снеговых нагрузок, что повлекло необходимость срочного усиления конструкции (рис. 2). Максимальная деформация несущей балки в середине пролета составляла 150мм от проектного положения. Потеря устойчивости конструкции очень разнообразна, но основной причиной является недостаточная жесткость сжатого элемента конструкции в плоскости, перпендикулярной действующему усилию. В результате этого происходит не предусмотренная расчетом деформация элемента, увеличиваются краевые напряжения, процесс деформации



Рис. 1. ОСМД «Бульвар» в г. Одессе

развивается, в результате чего элемент выключается из работы или разрушается.

Для решения этой проблемы было принято решение о создании модели упрочняющей конструкции с применением твердотельного параметрического моделирования в программе SolidWorks, задание граничных условий нагружения, компьютерное моделирование [2] процесса одноосного разрушения для всех исследуемых конструкций в приложении Simulation (рис. 3).

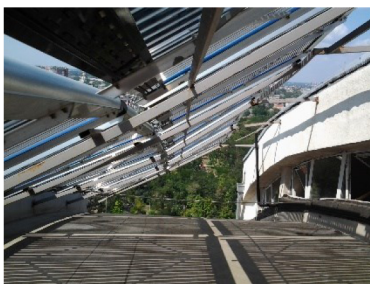


Рис. 2. Деформированная балка



Рис. 3. Геометрическая модель фрагмента СНС

Кроме того, был проведен комплексный анализ полученных результатов компьютерного моделирования для различных моделей несущей конструкции солнечной нагревательной системы. Программа SolidWorks позволяет полностью моделировать не только геометрию конструкции и задать марку материала, но воспроизвести в модели приложение нагрузки к рабочим поверхностям, а также учесть глобальный и локальный контакт между поверхностями конструкции, что является весьма важным критерием с точки зрения динамики деформационных процессов разрушения.

Процесс моделирования одноосного растяжения также производился с использованием интегрированного пакета прикладных программ Simulation. Данный программный продукт обладает обширной библиотекой конечных элементов, которая включает плоские и пространственные элементы, балки, пластины и т.д., а также позволяет решать задачи с упругими, вязкоупругими, упругопластичными, анизотропными и другими моделями материалов.

Создание статического моделирования проходит по следующим этапам:

- построение 3D модели, необходимой для расчетов;
- выбор параметров материала для 3D модели;
- выбор плоскости крепления 3D модели.

Крепления используются для «фиксации» граней модели, которые не должны перемещаться в ходе анализа (рис. 4). Чтобы предотвратить сбой анализа из-за движения закрепленного тела, необходимо ограничить, по крайней мере, одну грань детали. Для крепления балки были выбраны плоскости кронштейнов крепления, опирающиеся на несущие стены здания.

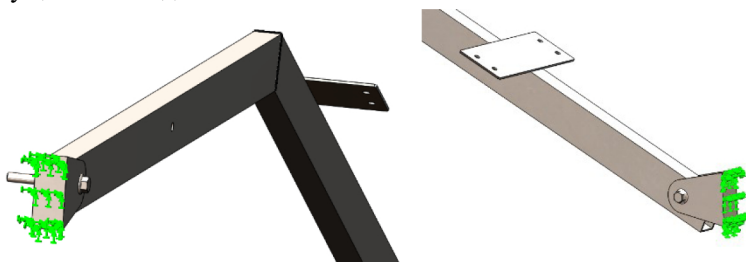


Рис. 4. Зафиксированные в пространстве выделенные поверхности

Нагрузки используются для добавления внешней силы на грани детали с целью получения напряжения и деформации детали.

Под термином сила подразумевается общая сила, которая прилагается к грани. В качестве нагрузки была выбрана плоскость, к которой приложена нормальная сила, данная сила равномерно распределена по всей плоскости контактных пластин.

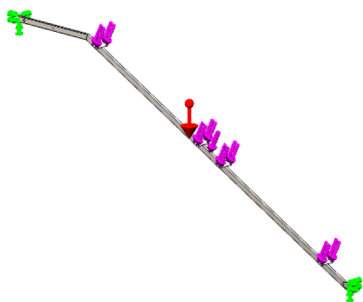


Рис. 5. Выбор плоскости крепления и плоскости нагрузки

На построенной модели указаны плоскость фиксации, а также плоскость нагрузки, к которой приложены нормальные силы: сила тяжести коллекторов, равномерно распределённая вдоль плоскости крепления коллекторов и ветровая нагрузка, действующая на СНС. Значение силы тяжести коллекторов принято равным 1620Н, а значение ветровой нагрузки - 6000Н.

На рис. 5 изображена модель конструкции, находящаяся под действием приложенных к ней

нагрузок. По цвету модели можно отследить в каких точках деталь испытывает наибольшее и наименьшее воздействие нагрузок. Из данной модели можно сделать вывод: максимальные напряжения имеют наибольшее значение в центре модели. По величине напряжения балки в различных точках можно судить о возможности нарушения целостности ее под действием внешней нагрузки и о величине запаса прочности.

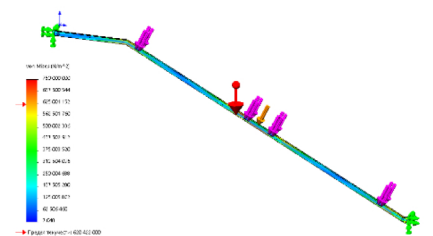


Рис. 6. Распределение эквивалентных напряжений

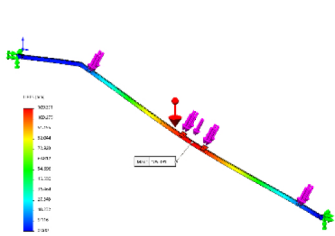


Рис. 7. Диаграмма перемещений для модели

Запас прочности определяется отношением фактического напряжения к пределу текучести материала. Для расчета распределения запаса прочности в SolidWorks Simulation используется критерий максимального относительного напряжения. Этот критерий точно определяет, что пластичный материал начинает растягиваться, когда эквивалентное напряжение достигает предела текучести материала.

Из данной модели можно сделать вывод, что запас прочности чуть больше, чем 1.0 – это значит, что материал в этом месте почти достиг предела текучести и требует усиление конструкции. На рисунке 8 представлена модель усиленной конструкции за счет введения шпренгеля.

На основе численных расчетов для усиленной несущей конструкции СНС были получены результаты, представленные в таблице 1 и на рис. 9 и 10.

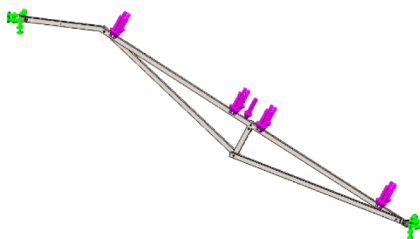


Рис. 8. Выбор плоскости крепления и плоскости нагрузки для шпренгеля

Таким образом, были рассчитаны статическое узловое напряжение, статическое перемещение, процесс деформации и запас прочности.



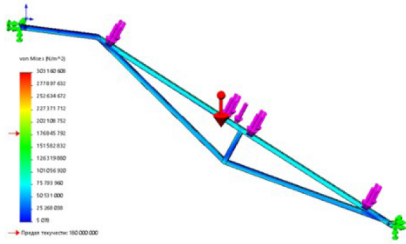


Рис. 9. Распределение эквивалентных напряжений

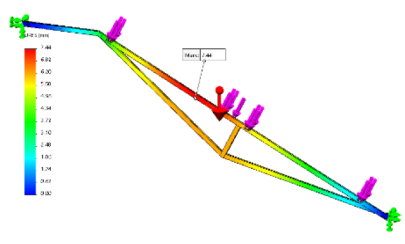



Рис. 10. Диаграмма перемещений для модели

### Результаты моделирования

### Таблица 1

Ссылка на модель	Свойства	
	Марка стали	AISI 1010
	Предел текучести:	150 MN/m <sup>2</sup>
	Предел прочности при растяжении:	325 MN/m <sup>2</sup>
	Модуль упругости:	2.1e+011 N/m <sup>2</sup>
	Коэффициент Пуассона:	0.29
	Массовая плотность:	7870 kg/m <sup>3</sup>
	Модуль сдвига:	8e+010 N/m <sup>2</sup>
	Напряжение I	237 MN/m <sup>2</sup>
	Деформация I	6,98 мм

Проведенное твердотельное моделирование позволило оптимизировать процесс восстановления несущей конструкции СНС и обеспечить заданную пространственную жёсткость конструкции в соответствии с разработанными по полученной модели рабочими чертежами. Дальнейшая эксплуатация солнечной нагревательной системы подтвердила правильность принятых конструктивных решений.

1. Афанасьев Б.А., Хлыцов Н.В. Эффективность применения гибридных термальных солнечных систем.: Збірник доповідей науково-практичної конференції «Енергозбереження у міському будівництві та житлово-комунальній сфері» 7...8 квітня, 2012, Одеса. – С. 108-111.

2. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 448 с.