

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЕЧНО – ЭЛЕМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Петрова Ю.Н., Афенченко Д.С.

Донецкий Национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского, г. Донецк, Донецкая Народная Республика

Аннотация. В статье рассмотрена расчетная математическая модель напряженно-деформированного состояния балок технологического оборудования, испытывающих изгиб, с использованием конечно-элементного комплекса ANSYS и выполнена её верификация. Использование данной методики способствует быстрому и экономически выгодному решению проектировочных задач в пищевой и перерабатывающей промышленности.

Ключевые слова. Конечно-элементный анализ, ANSYS, несущая способность конструкции, пищевая промышленность, балка, изгиб, верификация.

APPLICATION OF FINITE ELEMENT COMPLEX ANSYS FOR DETERMINING THE LIMIT CHARACTERISTICS OF STRUCTURAL ELEMENTS

Petrova Y.N., Afenchenko D.S.

Donetsk National University of Economics and Trade named after Michael Tugan-Baranovsky, Donetsk, Donetsk People's Republic

Abstract. The article considers the calculated mathematical model of the stress-strain state of the beams of technological equipment experiencing bending using the ANSYS finite element complex, and it is tested. The use of this method contributes to the quick and cost-effective solution of design problems in the food and processing industry.

Keywords. Finite element analysis, ANSYS, structural bearing capacity, food industry, beam, bending, verification.

При проектировании машин и аппаратов пищевой промышленности существенное значение имеет проблема экономии материала, снижение цикла разработки нового оборудования и запуска его в производство.

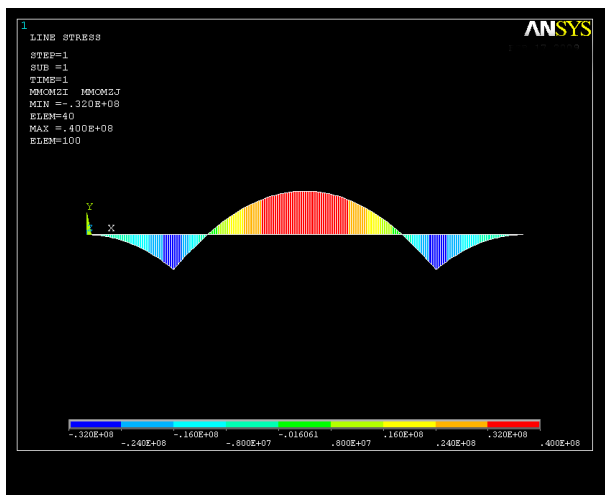
За последние годы наблюдается стремительное увеличение вычислительной мощности компьютеров. Если мощность персональных компьютеров PC/XT в 1983 году составляла 6,9 килофлопсов, то уже в 2006 году компьютеры Intel Core 2 Duo имели мощность 1,3 гигафлопсов, а суперкомпьютеры IBM Sequoia (2012) обладали мощностью 20 петафлопсов. И это не предел, в 2016 году в Китае вступил в строй самый мощный в мире компьютер Sunway TaihuLight, у которого этот показатель равен 93 петафлопса. Таким образом, можно констатировать, что человечеству удалось создать «железо», не уступающее по мощности человеческому мозгу. Значение этого события трудно переоценить. Оно означает, что в обозримой перспективе на свет должен появиться — искусственный интеллект. А «Суперчип» Intel нового поколения вообще позволит достигнуть в своих устройствах скорости обработки данных не менее 1 эксафлопса (1 квинтиллион операций в секунду) [1, 2].

Эти потрясающие возможности позволяют проводить полномасштабное моделирование без привлечения больших затрат времени и средств, уже на стадии проектирования проверить работоспособность разрабатываемой конструкции, выполнить требования современного рынка – снизить сроки разработки новых изделий и получать адекватные, достоверные результаты.

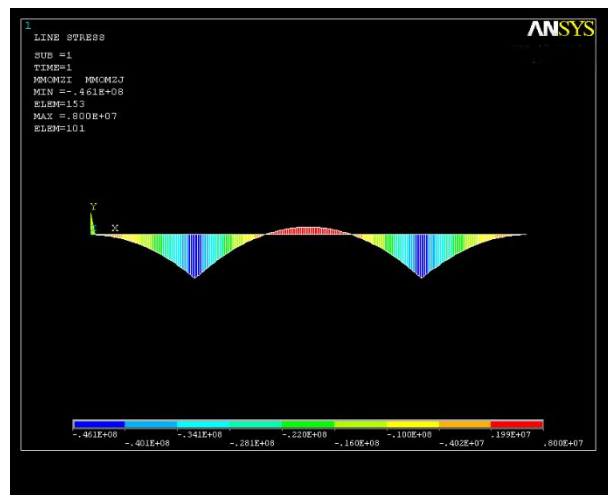
Экономическая изолированность, которую искусственно создали для нашей республики, также как и санкции для Российской Федерации, как ни странно, привели к положительному результату: мы вынуждены развивать свое промышленное производство, активно проектировать новое современное оборудование, обладающее высоким техническим уровнем.

Цель работы: разработка современных математических моделей предельного состояния балок технологического оборудования, испытывающих изгиб, и проверка их адекватности.

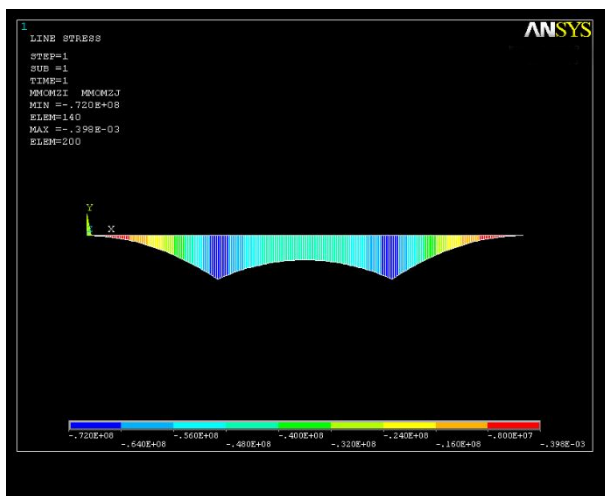
Аналитические исследования в системе ANSYS показали, что при изменении длины консоли двухопорной балки кардинально изменяется её напряженно-деформированное состояние (рисунок 1).



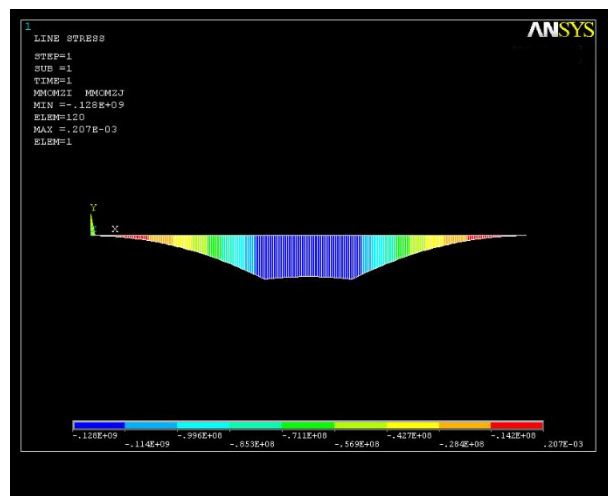
а) при длине консоли 0,2l



б) при длине консоли 0,24l



в) при длине консоли 0,3l



г) при длине консоли 0,4l

Рисунок 1 – Напряженное состояние балки

Результаты исследований зависимости изгибающих моментов под опорой балки и посередине пролёта от длины консоли приведены в таблице.

Проведенный анализ показал, что использование консольных конструкций снижает величину изгибающих моментов в пролёте, а значит и изгибающих напряжений, которые связаны между собой зависимостью Навье [3].

При длине консоли 0,2l и 0,3l напряжения в пролёте удастся уменьшить в 5 раз, таким образом появляется возможность облегчить конструкцию. Но при длине консоли больше 0,3l наблюдается увеличение изгибающего момента под опорой, что приводит к негативным эксплуатационным последствиям: ослабления крепёжных соединений, увеличение шумовых характеристик и прочее.

Не наблюдается пропорциональности между изгибающим моментом и длиной консоли.

Анализ полученных данных свидетельствует, что рациональной будет конструкция, у которой изгибающий момент в пролёте будет равен изгибающему моменту в опорном сечении.

Любая разработанная математическая модель с закрытыми математическими моделями и готовыми расчетными формулами должна пройти верификацию или в лабораторных условиях экспериментальным путём или методами аналитического анализа. Адекватность модели, построенной в конечно-элементном комплексе ANSYS, проверялась классическими аналитическими зависимостями сопротивления материалов [3] на примере расчёта дисковой овощерезки. Конструкция представлена на рисунке 2,а.

Найдём рациональное размещение крепления отрезного ножа ножевой гребёнки.

Расчетная схема такой конструкции представляет собой двухопорную балку, которая нагружена равномерно распределенной нагрузкой q (рисунок 2,б).

Приравниваем (по модулю) аналитические зависимости, которые определяют изгибающий момент под опорами и максимальный изгибающий момент в пролёте, $|M_{(оп)}| = \left| M_{\left(\frac{l}{2}\right)} \right|$:

$$\frac{qa^2}{2} = \frac{ql(l-4a)}{8}. \quad (1)$$

Таблица 1 - Данные аналитических исследований изгибающих моментов

Длине консоли	Изгибающий момент посередине пролёта	Изгибающий момент под опорой	Коэффициент снижения напряжений в пролёте	Коэффициент соотношения изгибающих моментов посередине пролёта под опорой
$a, \text{ м}$	$M_{\left(\frac{l}{2}\right)}, \text{ Нм}$	$M_{(оп)}, \text{ Нм}$	$\beta = \left \frac{M_{(0)}}{M_{\left(\frac{l}{2}\right)}} \right $	$\alpha = \left \frac{M_{\left(\frac{l}{2}\right)}}{M_{(оп)}} \right $
0	$0,125 ql^2$	0	1	-
0,1/	$0,075 ql^2$	$-0,005 ql^2$	1,7	15
0,15/	$0,050 ql^2$	$-0,011 ql^2$	2,5	4,4247
0,2/	$0,025 ql^2$	$-0,020 ql^2$	5	1,2500
0,3/	$-0,025 ql^2$	$-0,045 ql^2$	5	0,5556
0,4/	$-0,075 ql^2$	$-0,080 ql^2$	1,7	0,9375

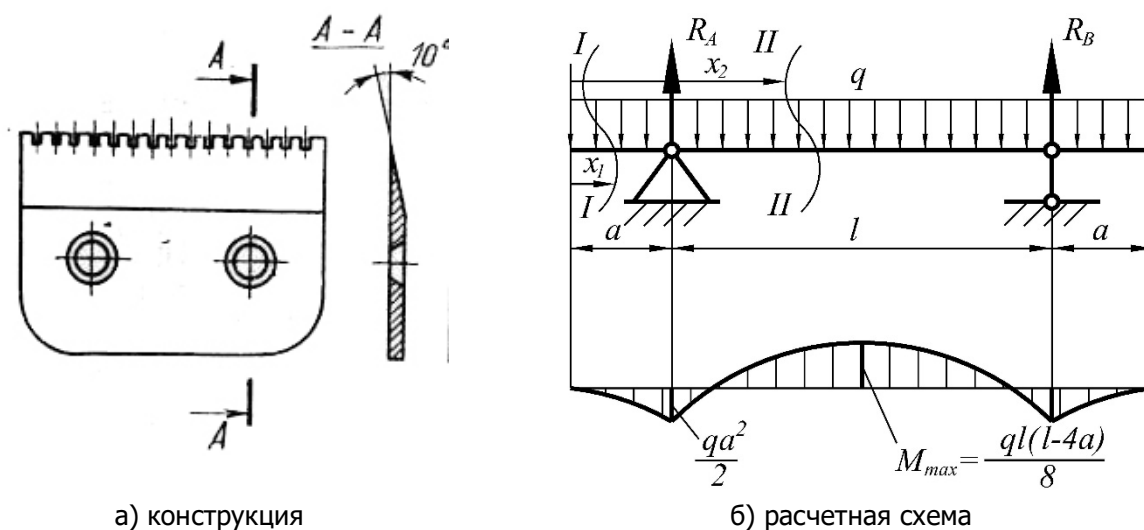


Рисунок 2 – Отрезной нож ножевой гребёнки

Преобразуем данную зависимость $4qa^2 = ql^2 - 4qla$.

$$\text{или } 4qa^2 + 4qla - ql^2 = 0. \quad (2)$$

Решим уравнение (2).

$$a_{1,2} = \frac{-4ql \pm \sqrt{16q^2l^2 + 16q^2l^2}}{2 \cdot 4q} = \frac{-4ql \pm ql\sqrt{32}}{8q} = \frac{-4l \pm 5,6569l}{8}. \quad (3)$$

Отсюда $a_1 = 0,2071l$; $a_2 = -1,2071l$ – не удовлетворяет условию задачи, которая поставлена.

Таким образом, рациональным будет размещение крепления на расстоянии $a = 0,2071l$ от кромки ножа.

Определим величину изгибающих моментов под креплением ножа балки и посередине пролёта от рациональной длины консоли.

$$M_{(оп)} = -0,0214 ql^2; \quad M_{\left(\frac{l}{2}\right)} = 0,0214 ql^2. \quad (4)$$

Это означает, что рациональным размещением опор изгибающий момент удастся уменьшить в 5,82 раз в сравнении с без консольной балки. При этом коэффициент соотношения изгибающих моментов по середине пролёта и под опорой α равняется единице.

Полученные данные хорошо коррелируются с данными исследований в системе ANSYS.

Разработка адекватных моделей напряженно-деформируемого состояния элементов оборудования позволит снизить затраты при проведении экспериментов над оборудованием, которое проектируется или усовершенствуется, так как часть экспериментов можно будет провести в виде, так называемого вычислительного эксперимента. При этом не будет необходимости тратить ресурсы и средства на изготовление создаваемых или усовершенствуемых деталей.

Перспективами дальнейших исследований в этом направлении есть анализ напряженно-деформированного состояния гибких систем оборудования перерабатывающей и пищевой промышленности с распределенными параметрами, переменного сечения, при крутильных колебаниях. Они будут рассмотрены в последующих публикациях автора.

Список использованных источников

1. Электронный ресурс «Словари и энциклопедии на Академике». Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1091405>.
2. Николай Башилов «Второй коммунистический манифест Издательство: "Автор", 2016. – с.36.
3. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов: учебник / В.И. Феодосьев. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 592 с.