

Рисунок 2 — Микроструктура зоны лазерного упрочнения бейнитного чугуна:
a — верхний слой $\times 100$; *b* — переходная зона $\times 1\ 000$

Образцы из сталей 30Г2, 45, 40Х, 65Г были облучены CO_2 -лазером с следующими параметрами: мощность — 2,5–5,0 кВт, скорость перемещения — 5–40 мм/с, расстояние между лазерными дорожками — 2,5–3,0 мм, обладающих частичным оплавлением поверхности.

При лазерном облучении поверхности малоуглеродистой стали 30Г2 образовался пакетный мартенсит, а на некотором расстоянии от поверхности — тростоосорбит. Закаленная зона среднеуглеродистых сталей 45 и 40Х содержит пакетный и пластинчатый мартенсит с остаточным аустенитом. Структура закаленного слоя эвтектонидной стали 65Г представляет собой пластинчатый высокодисперсный мартенсит с 20 % остаточного аустенита. Была проведена проверка на изнашивание образцов, в итоге для стали с содержанием углерода 0,1 % износ после лазерной закалки уменьшился на 130 %; для стали с 0,4 % С — на 250 %, а для стали с 0,75 % С — на 450 %. Предел контактной выносливости сталей 40Х и 65Г, определенный при испытаниях по схеме шар-плоскость, в результате лазерной закалки повысился на 70 %. Таким образом, стойкость покрытия зависит от содержания углерода в сплавах [5].

Заключение. Основное назначение лазерной упрочняющей обработки является повышение износостойкости и твердости упрочняемых материалов. Изучая исследования можно сделать следующий вывод: твердость упрочнённой поверхности материалов не только зависит от параметров обработки, но зависит от концентрации углерода и легирующих элементов в углеродистых материалах. Больше всего лазерная упрочняющая обработка используют для упрочнения средне- и высоколегированных углеродистых и инструментальных сталей. Стали с низким содержанием углерода и высокопрочные низколегированные стали, как показали исследования, упрочняются плохо. Лазерная упрочняющая обработка практически не влияет на предел прочности и предел текучести сталей.

Список использованных источников

1. Лазерное упрочнение [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://laser-form.ru/technologies/lazernoe-uprochnenie/#:~:text=Упрочнение%20материалов%20лазерным%20излучением%20основано,и%20охлаждения%20обрабатываемых%20поверхностных%20участков.> — Дата доступа: 30.04.2024.
2. Лазерная импульсная упрочняющая обработка металлорежущего инструмента [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.fian.smr.ru/razrabl2>. — Дата доступа: 30.04.2024.
3. Самохвалов, В. Н. Высокоэнергетические обработки: учеб. пособие / В.Н. Самохвалов // Электрон. текст. и граф. дан. (1,15 Мб). — Самара : Изд-во Самарского университета, 2019. — электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. Голубев, В. С. Лазерная поверхностная обработка материалов и пути повышения ее эффективности / В. С. Голубев, В. И. Гуринович, И. А. Романчук // Вестник БарГУ. Сер. Технические науки. — 2017. — Вып. 5. — С. 31–36.
5. Бирюков, В. Изменение структуры и свойств сталей при лазерном упрочнении / В. Бирюков // Фотоника. — 2013, №3 — С. 22–26.

УДК 004.94

О. И. Наливко, М. П. Кукушкин, Д. И. Белан

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
 Барановичи, Республика Беларусь*

ПРОЧНОСТНОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ПОТОЛОЧНОГО КАРНИЗА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Введение. В современном проектировании активно применяются технологии и методы предварительного создания трехмерных моделей будущих изделий для будущей оценки их прочностных характеристик с использованием различных систем автоматизированного проектирования (САПР). Использование САПР позволяет создать точные и детализированные трехмерные модели, ускорить процесс проектирования и анализа, визуально оценить будущие детали, оптимизировать конструкции и многое другое [1].

Основная часть. Система T-FLEX Анализ была выбрана для проведения прочностного анализа элементов потолочного карниза по следующим ключевым причинам. Во-первых, она позволяет проводить анализ в объемной постановке, что наиболее естественно для построения расчетной математической модели изделия. Во-вторых, система обладает функциональностью для работы с тонкостенными, или оболочечными, изделиями, что актуально для широкого спектра задач. В-третьих, система обладает усовершенствованными алгоритмами подготовки данных и решения систем уравнений, что обеспечивает высокую скорость решения задач [2].

Сборочной единицей, для которой проводился прочностной расчет, является угловая часть трехрядного карниза (рисунок 1), состоящая из профиля и двух угловых соединителей потолочного карниза.

Загрузив сборочную трехмерную модель в T-FLEX CAD, необходимо создать задачу, в которой мы указываем материал АБС (предложенный в библиотеке материалов), после чего создаем сетку, которая напрямую влияет на точность и длительность проведения прочностного анализа.

Следующим этапом является определение поверхностей трехмерной модели, которые будут закреплены, с помощью инструмента «Полное закрепление» выделяем необходимые поверхности (рисунок 2).

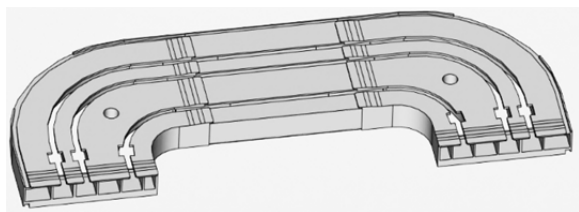


Рисунок 1 — Трехмерная модель угловой части карниза

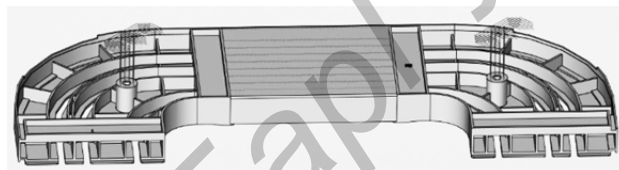


Рисунок 2 — Трехмерная модель с закрепленными поверхностями

Затем необходимо определить вид нагрузок, их величину и поверхности, на которые будет нагрузка.

Определение вида нагрузки проводится после анализа конструкции крепления штор к карнизу. Рассмотрев конструкцию, делаем вывод, что после закрепления штор на крючки с роликами, которые вставляются в карниз, на конструкцию карниза будет воздействовать нагрузка силы тяжести, которая возникает от веса закрепляемых штор.

Величина нагрузки будет варьироваться в зависимости от плотности и размеров ткани штор, которые закрепляются на карнизе.

Средний размер штор, выбираемых для покупки в Республике Беларусь, обычно составляет ширину 250 или 260 см и высоту 270, 275, 300 см. Для дальнейшего расчета примем следующие размеры: ширина 260 см, высота 300 см.

Силу тяжести определим по формуле:

$$P_i = m \cdot g = \rho \cdot S \cdot g = \rho \cdot h \cdot b \cdot g, \quad (1)$$

где P_i — вес, Н;
 m — масса, кг;
 $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения;
 ρ — поверхностная плотность, м/кг^2 ;
 S — площадь; h — высота, м;
 b — ширина, м.

Значения поверхностной плотности принимаем следующими: $\rho_1 = 0,28 \text{ кг/м}^2$ и $\rho_2 = 0,4 \text{ кг/м}^2$ (что соответствует плотности штор из ткани «блэкаут») [3].

Рассчитаем силу тяжести для двух различных случаев (в соответствии с ранее принятыми размерами):

$$P_1 = \rho_1 \cdot h_1 \cdot b_1 \cdot g = 0,28 \cdot 3 \cdot 2,6 \cdot 9,81 \approx 21,43 \text{ Н};$$

$$P_2 = \rho_2 \cdot h_2 \cdot b_2 \cdot g = 0,4 \cdot 3 \cdot 2,6 \cdot 9,81 \approx 30,6 \text{ Н}.$$

После того, как мы рассчитали величину прилагаемых нагрузок, с помощью инструмента «Сила», выделяем необходимые поверхности, на которые будет распределяться нагрузка, предварительно указав значение 21,43 Н для первого случая (рисунок 3).

После этого, в верхней панели инструментов нажимаем «Расчет», выбираем автоматический метод расчета и в результатах отчета, выбираем коэффициент запаса прочности по эквивалентным напряжениям и коэффициент запаса прочности по нормальным напряжениям.



Рисунок 3 — Трехмерная модель с приложенными нагрузками

Рассчитав указанные параметры с помощью инструментария T-FLEX Анализ, получили следующие данные (таблица 1), а также градиенты распределения коэффициента запаса прочности по эквивалентным (рисунок 4) и нормальным напряжениям (рисунок 5) для первого случая (при $P_1 = 21,43$ Н).

Т а б л и ц а 1 — Результаты расчета прочностного анализа (при $P_1 = 21,43$ Н)

Материал (АБС 2020–30)	
Модуль упругости, Н/мм ²	1670
Коэффициент Пуассона	0,39
Модуль сдвига, Н/мм ²	600,719
Теплопроводность, Вт/(мм·К)	0
Коэффициент теплового расширения, 1/°С	1E-06
Плотность, кг/м ³	1040
Предел текучести, Н/мм ²	38
Предел прочности на растяжение, Н/мм ²	0
Предел прочности на сжатие, Н/мм ²	0
Теплоёмкость, Дж/(кг·К)	0
Свойства сетки (Сетка_1)	
Тип элемента	Квадратичный тетраэдр
Количество элементов	252662
Количество узлов	429910
Граничные условия (Сила_1)	
Тип нагружения	Сила
Нагрузка, Н	21,43
Полное закрепление_1	
Тип нагружения	Полное закрепление
Коэффициент запаса прочности по эквивалентным напряжениям	
$n_{экв\ min}$	1,5
$n_{экв\ max}$	2,844E+04
Коэффициент запаса прочности по нормальным напряжениям	
$n_{экв\ min}$	1,327
$n_{экв\ max}$	4,015E+04

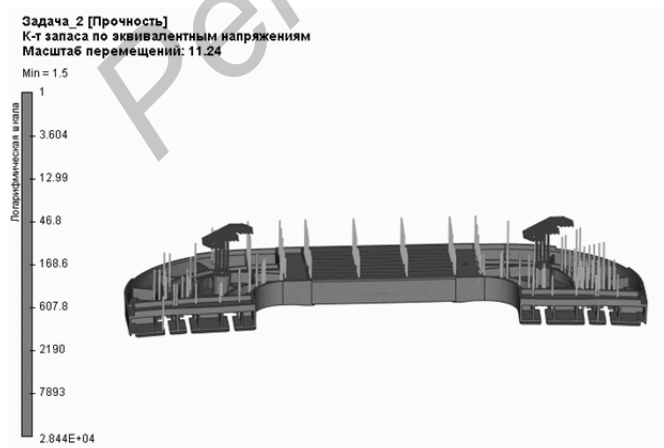


Рисунок 4 — Градиент распределения коэффициента запаса прочности по эквивалентным напряжениям

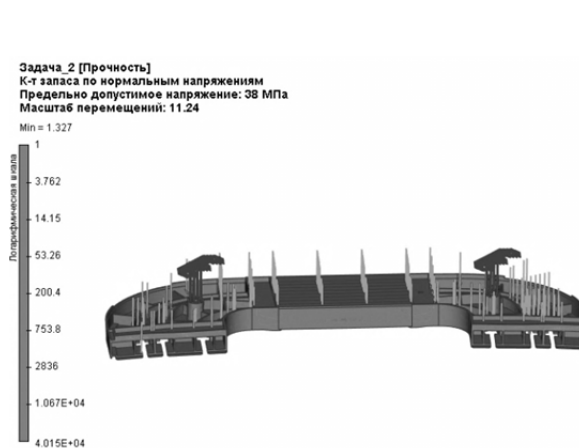


Рисунок 5 — Градиент распределения коэффициента запаса прочности по нормальным напряжениям

Выполнив аналогичные действия для второго случая (при $P_2 = 30,6$ Н), получили данные по расчету прочностного анализа (таблица 2).

Т а б л и ц а 2 — Результаты расчета прочностного анализа (при $P_2 = 30,6$ Н)

Материал (АБС 2020–30)	
Модуль упругости, Н/мм ²	1670
Коэффициент Пуассона	0,39
Модуль сдвига, Н/мм ²	600,719
Теплопроводность, Вт/(мм·К)	0
Коэффициент теплового расширения, 1/°С	1E-06
Плотность, кг/м ³	1040
Предел текучести, Н/мм ²	38
Предел прочности на растяжение, Н/мм ²	0
Предел прочности на сжатие, Н/мм ²	0
Теплоёмкость, Дж/(кг·К)	0
Свойства сетки (Сетка_1)	
Тип элемента	Квадратичный тетраэдр
Количество элементов	252662
Количество узлов	429910
Граничные условия (Сила_1)	
Тип нагружения	Сила
Нагрузка, Н	30,6
Полное закрепление_1	
Тип нагружения	Полное закрепление
Коэффициент запаса прочности по эквивалентным напряжениям	
$n_{эkv \min}$	1,05
$n_{эkv \max}$	2,844E+04
Коэффициент запаса прочности по нормальным напряжениям	
$n_{эkv \min}$	0,9296
$n_{эkv \max}$	4,015E+04

Проанализировав результаты вычислений коэффициентов запаса прочности по эквивалентным и нормальным напряжениям (таблицы 1, 2), можно сделать вывод, что конструкция потолочного трехрядного карниза, способна выдержать ткань с поверхностной плотностью до 0,4 кг/м² (при ширине полотна 260 см и высоте 30 см). Рассмотренная поверхностная плотность ткани соответствует поверхностной плотности штор из ткани «блэкаут», которая является одной из наиболее плотных тканей [4].

Заключение. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что потолочный трехрядный карниз обладает достаточным коэффициентом прочности при использовании стандартных и наиболее популярных типов тканей для штор, а также способен выдержать вес некоторых из самых плотных тканей штор.

Список цитируемых источников

1. GeekBrains – образовательный портал // 3D-моделирование: виды, принципы, инструменты [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://gb.ru/blog/3d-modelirovanie/>. — Дата доступа: 04.05.2024.
2. T-FLEX Анализ версии 11 — профессиональная проверка на прочность // Журнал «САПР и графика» — ваш проводник в мире САПР [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sapr.ru/article/19510> (дата обращения 04.05.2024).
3. Плотность ткани — что это значит, и как ее оценить? // Атлас — интернет-магазин тканей [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://tkani-atlas.com.ua/plotnost-tkani-chto-eto-znachit-i-kak-ee-otsenit/>. — Дата доступа: 04.05.2024.
4. Плотность ткани: как подобрать материал для вашего изделия? // Текстиль-Контакт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tk.ua/ru/articles/shhlnist-tkanini-yak-pidibrati-material-dlya-vashogo-virobu.html>. — Дата доступа: 04.05.2024.

УДК 330

Б. А. Олехнович, И. М. Дыдышко
Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
Барановичи, Республика Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ В СОВРЕМЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ: АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ РОБОТОВ

Введение. В современном мире робототехника становится все более важной и востребованной областью, проникающей во множество сфер нашей жизни. От производства и логистики до медицины и исследований космоса, роботы играют значимую роль. Однако, чтобы эффективно функционировать, роботы