

А. Н. Зленко, А. К. Колпаков, Н. Д. Толстоба, М. А. Злобина

ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЦЫ ОПТИМИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Предложен метод автоматического подбора способа крепления оптических деталей путем применения матрицы оптимизации решения.

Ключевые слова: матрица оптимизации решений, автоматизация процесса конструирования, способ крепления.

Введение. Активное развитие систем автоматизированного проектирования способствует их внедрению в различные области науки и производства, применительно к оптике основной задачей является автоматизация конструирования отдельных узлов оптического прибора.

К основным способам крепления линз и других осесимметричных оптических деталей относятся: завальцовка, приклеивание, крепление резьбовым кольцом. Когда необходимо учитывать особые условия и требования, связанные с габаритными размерами, назначением, условиями эксплуатации оптических деталей, могут использоваться вспомогательные способы крепления: проволочным или накладным кольцом, прижимными планками, специальными элементами или специальной конструкцией оправы. Одной из первоочередных задач при конструировании узла оптического прибора является выбор способа крепления линз.

Как правило, у конструктора имеется некоторый набор проверенных практикой возможных решений и требуется путем перебора этих решений найти наиболее подходящее по условиям поставленной задачи. Рассмотрим условия, определяющие особенности процесса такого поиска.

В повседневной практике конструирования оптико-механических узлов многие задачи решаются методом аналогии на основе опыта конструктора. Так как задачу выбора типов соединений конструктору необходимо решать регулярно, этот процесс не должен быть длительным, поэтому, если уже имеется набор решений, эмпирический метод аналогии следует считать приемлемым и достаточно эффективным.

В. В. Кулагиным [1] была предложена методика анализа вариантов крепления на основе матрицы оптимизации решения: составляется матрица, по которой можно оптимизировать процесс выбора типа крепления при наличии набора конкурирующих вариантов путем определения интегрального показателя качества. Конструктором определяется совокупность возможных вариантов решений, из которых предстоит выбрать оптимальный.

В настоящей работе для организации автоматического принятия решений за основу взята матрица для четырех наиболее распространенных вариантов крепления [1], в которую были добавлены следующие графы: показатели качества — разъемность и герметичность;

способы крепления — резьбовым и промежуточным кольцами, приклеивание, крепление эластичными материалами.

Матрицу составляют оценочные коэффициенты, выбор осуществляется на основании опыта конструктора и проведенных исследований.

Крепление резьбовым и промежуточным кольцами — надежный способ разъемного крепления, обеспечивающий простоту сборки и демонтажа. Но такая конструкция теряет в технологичности, так как требуется использовать дополнительные детали, крепежную резьбу в оправе, необходимо предохранять резьбовое кольцо от самоотвинчивания. Помимо того, узел имеет увеличенные размеры; затруднена автоматизация сборки соединения; невозможна юстировка линзы в оправе в процесс сборки; при работе соединения в условиях перепада температур из-за жесткости могут возникать либо деформации линзы, либо смещения вследствие уменьшения усилия прижатия или возникающего зазора между линзой и резьбовым кольцом [2, 3].

Крепление приклеиванием характеризуется конструктивной простотой, а также снижением массы и габаритных размеров крепления; отсутствием деформаций и напряжений в оптической детали при внешних воздействиях на узел крепления (например, при изменении температуры) благодаря упругим свойствам клеящих веществ; также обеспечиваются герметизация соединения, относительная простота автоматизации процесса сборки. Однако при таком креплении увеличение объема или усадка клеящего вещества после отвердевания могут вызвать напряжение в линзе.

Поскольку зазор между линзой и оправой заполнен клеящим веществом, то при перепадах температур из-за различной степени расширения этих деталей возможно разрушение или возникновение напряжений и деформаций. Крепление, как правило, неразборное, поэтому не подлежит восстановлению.

Крепление эластичными материалами позволяет не повышать габаритных размеров приборов в целом; при таком креплении отсутствуют напряжения в стекле. Однако для разъема соединения требуются дополнительные материалы и время.

На основании таких данных заполняются пустые графы матрицы (см. таблицу, курсивом выделены добавленные в классическую матрицу сведения).

Показатель качества	Способ крепления						
	завальцовкой	резьбовым кольцом	проволочным кольцом	резьбовым и пружинным кольцами	<i>резьбовым и промежуточными кольцами</i>	<i>приклеиванием</i>	<i>эластичным материалом</i>
Точность положения объектива	8	4	3	6	6	2	3
Надежность крепления	9	10	4	8	10	2	7
Отсутствие натяжений	6	2	5	8	5	5	6
Нечувствительность к колебаниям температуры	8	2	4	8	4	6	8
Конструктивность	10	5	6	3	4	8	8
Технологичность	4	8	8	6	6	4	4
Стоимость	6	5	7	4	5	7	7
<i>Разъемность соединения</i>	0	10	10	10	10	2	2
<i>Герметичность</i>	10	8	2	8	8	8	10

Программная реализация. На основе предложенной матрицы (см. таблицу) был разработан пакет программ в среде САПР (см. рисунок, а). Диалоговый интерфейс программы обеспечивает возможность корректировать значения матрицы: если конструктор не согласен

с предложенным в таблице вариантом, он может изменить их, сохранить и использовать в дальнейшем свои значения.

а)

Показатели	Завальцовка	Резбовое к.	Проволочное к.	Пружинное к.	Проклеив. к.	Приклеивание	Герметик.
Точность	8	4	3	6	6	2	3
Надежность	9	10	4	8	10	2	7
Натяжения	6	2	5	8	5	5	6
Температура	8	2	4	8	4	6	8
Конструктивность	10	5	6	3	4	8	8
Технологичность	4	8	8	6	6	4	4
Стоимость	6	5	7	4	5	7	7
Разъемность	0	10	10	10	10	2	2
Герметичность	10	8	2	8	8	8	10

б)

Типичные варианты

Для выбора способа крепления линзы необходимо назначить весовые коэффициенты. Выберите один из следующих вариантов

- Неответственный узел прибора массового производства
- Тяжелые климатические условия, качество изображения высокое
- Линза осветительной системы (н-р, проектор)
- Сложные динамические и температурные режимы, роль объектива невысока
- Назначить коэффициенты самостоятельно

в)

Весовые коэффициенты

Проверьте весовые коэффициенты, при необходимости измените значения (sum=1)!

точность	0.05
надежность	0.1
отсутствие натяжений	0.05
нечувствительность к температуре	0.05
конструктивность	0.2
технологичность	0.3
стоимость	0.2
разъемность	0.05
герметичность	0

Представленное на рисунке, б диалоговое окно позволяет выбрать типовые весовые коэффициенты, здесь представлены наиболее часто встречающиеся случаи. На рисунке, в про-

демонстрированы возможности работы с полученными значениями k , которые при решении задачи накладываются на матрицу, отражая относительную важность каждого параметра.

Результатом работы программы является вектор, рассчитанный на основе матрицы и весовых коэффициентов k . Полученное численное значение показывает относительную применимость способов креплений для заданных с помощью k ситуаций. Максимальное значение отражается в сообщении вида: „Наиболее подходящий способ крепления — завальцовка 6,9“.

Конструктор может провести расчеты снова, изменив коэффициенты. По завершении работы в файл записывается протокол, который содержит рабочую матрицу, весовые коэффициенты и наиболее подходящий способ крепления, предложенный программой. Результат всех действий записывается в протокол в формате .txt.

Пример 1. Требуется закрепить объектив диаметром 40 мм, расположенный в ответственном узле прибора для массового производства для широкого круга потребителей.

Назначаем весовые коэффициенты k_1 — k_9 . В данном случае важны такие показатели, как технологичность, конструктивность и стоимость. Именно они характеризуют массовое производство. Так как узел является неответственным и круг потребителей широкий, качество изображения может быть средним, поэтому весовые коэффициенты для таких показателей качества, как точность положения объектива, отсутствие натяжений, нечувствительность к колебаниям температуры, назначаются довольно низкими. Таким образом, получим $k_1=0,05$; $k_2=0,15$; $k_3=0,05$; $k_4=0$; $k_5=0,2$; $k_6=0,3$; $k_7=0,2$; $k_8=0,05$; $k_9=0$. После обработки матрицы получаем протокол № 1, в котором предлагается использовать „крепление резьбовым кольцом: (6.7)“.

Пример 2. Необходимо закрепить объектив диаметром 40 мм, работающий в тяжелых климатических условиях, качество изображения должно быть очень высоким.

Назначаем весовые коэффициенты. В этом случае гораздо более существенны показатели, отвечающие за качество изображения: $k_1=0,25$; $k_3=0,3$. Тяжелые климатические условия указывают на необходимость более надежного крепления, нечувствительности к колебаниям температуры и герметичности: $k_2=0,1$; $k_4=0,1$; $k_9=0,1$. Чем выше качество изображения, тем дороже будет прибор, а значит, должна быть возможность замены его элементов: $k_8=0,1$.

После обработки матрицы получаем протокол № 2, в котором предлагается использовать „крепление с помощью резьбового и пружинного колец: (7.05)“, что вполне соответствует сложившейся практике.

Пример 3. Требуется закрепить конденсор в прожекторе.

Так как в этом случае качество изображения не играет главной роли, а требуется в основном только технологичность и конструктивность крепления, то весовые коэффициенты могут быть назначены следующим образом: $k_1=0$; $k_2=0,05$; $k_3=0$; $k_4=0,05$; $k_5=0,2$; $k_6=0,2$; $k_7=0,35$; $k_8=0,15$; $k_9=0$.

После обработки матрицы получаем протокол № 3, который предлагает использовать „крепление проволочным кольцом: (7.15)“, на практике для подобных случаев действительно часто используют такое крепление.

Таким образом, представленная матрица принятия решений является жизнеспособной, а разработанный математический аппарат и программное обеспечение могут использоваться в автоматизированном конструировании на этапе выбора способа крепления оптических деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов. Л.: Машиностроение, 1976. 304 с.
2. Ключникова Л. В., Ключников В. В. Проектирование оптико-механических приборов. СПб: Политехника, 1995. 208 с.
3. Латыев С. М. Конструирование точных (оптических) приборов. СПб: Политехника, 2007. 579 с.

Сведения об авторах

- Андрей Николаевич Зленко** — аспирант; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра прикладной и компьютерной оптики; E-mail: anikspb@mail.ru
- Андрей Константинович Колпаков** — аспирант; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра прикладной и компьютерной оптики; E-mail: group6300@gmail.com
- Надежда Дмитриевна Толстова** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра прикладной и компьютерной оптики; E-mail: nadinet@mail.ru
- Марина Андреевна Злобина** — „Артилед“, Санкт-Петербург; инженер; E-mail: kuzya-spb@yandex.ru

Рекомендована факультетом ОИСТ

Поступила в редакцию
25.11.11 г.