

ментов организационной структуры системы (узлов управления). С использованием данной формализации решение задачи синтеза структуры состоит в поиске оптимального отображения множества взаимосвязанных функций (задач) и вариантов их выполнения на множество взаимосвязанных узлов системы и вариантов их построения, задаваемых соответственно альтернативными графами. Характерной особенностью данного графа является многодольность, отдельные доли графа отражают варианты распределения каждой из функций по узлам системы, а дуги графа характеризуют взаимосвязи между ними.

Решение задач, связанных с рациональным построением структур АСУ летательными аппаратами, требует создания методологических основ формализации элементов и системы в целом, методов декомпозиции системы на подсистемы, построения формализованных моделей и методов синтеза структуры автоматизированных информационно-управляющих систем, многомашинных комплексов и сетей связи; организационных (АСУ наземным комплексом) и бортовых систем.

В настоящее время данное научное направление интенсивно развивается, о чем свидетельствуют многочисленные журнальные публикации, а также проведение Всероссийских семинаров и школ по методам синтеза и планирования развития структур сложных систем. В последние годы исследования были развиты и расширены на классы задач, позволяющих учитывать при синтезе структуры систем динамические характеристики их функционирования. При этом основное внимание уделялось изложению методологии синтеза структуры сложных систем на базе сочетания оптимизационных и имитационных моделей, позволяющих учитывать динамику функционирования проектируемой системы и ее элементов на этапе выбора структуры.

Базируясь на оптимизационно-имитационном подходе применительно к синтезу структур сложных систем, можно обеспечить совместное использование в процессе синтеза оптимизационных и имитационных моделей, их рациональное взаимодействие в оптимизационно-имитационных процедурах, описывающих как состав и взаимосвязи структурных элементов системы, так и динамические и стохастические аспекты их функционирования.

Данная методология, модели и методы ранее уже были апробированы и внедрены при решении задач синтеза структуры ряда объектов, в том числе при проектировании региональных транспортных систем, при синтезе автоматизированных информационно-управляющих систем космическими аппаратами и др. [4]. Кроме того, применение данного класса моделей позволит значительно повысить качество принимаемых решений и получить существенный экономический эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Автоматизация схемотехнического моделирования / В.И. Ильин, В.Т. Фролкин, А.И. Бутко и др. – М.: Радио и связь, 1987. – 195с.
2. Антамошкин О.А. Совершенствование процессов проектирования бортовых систем обмена информацией // О.А. Антамошкин, И.В. Ковалев, А.А. Усольцев / Вестник НИИ СУВПТ: Сб.науч.тр. – Красноярск: НИИ СУВПТ, 2003. – С. 60–69.
3. Царев Р.Ю. Планирование развития кластерной структуры автоматизированной системы управления спутниковой связью / И. В. Ковалев, А. А. Ступина, Р. Ю. Царев // Авиакосмическое приборостроение. – 2006. – № 12. – С. 26–30.
4. Цвиркун А.Д. Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем / А.Д. Цвиркун. – М.: Наука, 1985. – 173 с.

СФЕРИЧЕСКАЯ АБЕРРАЦИЯ И АСФЕРИЧЕСКИЕ ИНТРАОКУЛЯРНЫЕ ЛИНЗЫ

Чередник В.И., Треушников В.М.*

*Нижегородский государственный университет,
Научно-производственное предприятие

«Репер-НН»

Нижегород, Россия

Из всех видов aberrаций сферическая aberrация является наиболее существенной и в большинстве случаев единственной практически значимой для оптической системы глаза. Поскольку нормальный глаз всегда фиксирует взгляд на наиболее важном в данный момент объекте, то aberrации, обусловленные косым падением световых лучей (кома, астигматизм) при этом устраняются. Устранить таким способом сферическую aberrацию невозможно. Если преломляющие поверхности оптической системы глаза имеют сферическую форму, устранить сферическую aberrацию невозможно вообще никаким способом. Ее искажающее влияние уменьшается при уменьшении диаметра зрачка, поэтому при ярком освещении разрешающая способность глаза выше, чем при слабом освещении, когда диаметр зрачка увеличивается и размер пятна, представляющего собой изображение точечного источника света, тоже увеличивается из-за сферической aberrации. Эффективно воздействовать на сферическую aberrацию оптической системы глаза можно лишь одним способом – менять форму преломляющей поверхности. Такая возможность имеется в принципе при хирургической коррекции кривизны роговицы и при замене естественного хрусталика, потерявшего свои оптические свойства, например, из-за катаракты, искусственным. Искусственный хрусталик может иметь преломляющие поверхности любой доступной для современных технологий формы. Ис-

следование влияния формы преломляющих поверхностей на сферическую аберрацию наиболее эффективно и точно может быть выполнено с помощью компьютерного моделирования. Здесь рассматривается достаточно простой алгоритм компьютерного моделирования, позволяющий выполнить такое исследование, а также основные результаты, полученные с помощью этого алгоритма.

Наиболее просто выполняется расчет прохождения светового луча через одиночную сферическую преломляющую поверхность, разделяющую две прозрачные среды с различными показателями преломления. Для демонстрации явления сферической аберрации достаточно выполнить такой расчет в двумерном приближении. Луч света располагается в главной плоскости и направляется на преломляющую поверхность параллельно главной оптической оси. Ход этого луча после преломления может быть описан с помощью уравнения окружности, закона преломления и очевидных геометрических и тригонометрических соотношений. В результате решения соответствующей системы уравнений может быть получено выражение для координаты точки пересечения этого луча с главной оптической осью, т.е. координаты фокуса преломляющей поверхности. Это выражение содержит параметры поверхности (радиус), показатели преломления и расстояние между главной оптической осью и точкой падения луча на поверхность. Зависимость координаты фокуса от расстояния между оптической осью и точкой падения луча и есть сферическая аберрация. Эту зависимость легко рассчитать и изобразить графически. Для одиночной сферической поверхности, отклоняющей лучи по направлению к главной оптической оси, координата фокуса всегда уменьшается при увеличении расстояния между оптической осью и падающим лучом. Чем дальше от оси падает луч на преломляющую поверхность, тем ближе к этой поверхности он пересекает ось после преломления. Это положительная сферическая аберрация. В результате лучи, падающие на поверхность параллельно главной оптической оси, не собираются в одной точке в плоскости изображения, а образуют пятно рассеяния конечного диаметра в этой плоскости, что приводит к снижению контраста изображения, т.е. к ухудшению его качества. В одной точке пересекаются только те лучи, которые падают на поверхность очень близко к главной оптической оси (параксиальные лучи).

Если на пути луча поместить собирательную линзу, образованную двумя сферическими поверхностями, то с помощью расчетов, описанных выше, можно показать, что такая линза также обладает положительной сферической аберрацией, т.е. лучи, падающие параллельно главной оптической оси дальше от нее, пересекают эту ось ближе к линзе, чем лучи, идущие ближе к оси. Сферическая аберрация практически отсут-

ствует также только для параксиальных лучей. Если обе поверхности линзы выпуклые (как у хрусталика), то сферическая аберрация больше, чем в случае, когда вторая преломляющая поверхность линзы является вогнутой (как у роговицы).

Положительная сферическая аберрация обусловлена избыточной кривизной преломляющей поверхности. По мере удаления от оптической оси угол между касательной к поверхности и перпендикуляром к оптической оси увеличивается быстрее, чем это необходимо для того, чтобы направлять преломленный луч в параксиальный фокус. Для уменьшения этого эффекта необходимо замедлить отклонение касательной к поверхности от перпендикуляра к оси по мере удаления от нее. Для этого кривизна поверхности должна уменьшаться по мере удаления от оптической оси, т.е. поверхность не должна быть сферической, у которой кривизна во всех ее точках одинакова. Иными словами, уменьшение сферической аберрации может быть достигнуто только с помощью применения линз с асферическими преломляющими поверхностями. Это могут быть, например, поверхности эллипсоида, параболоида и гиперboloида. В принципе возможно использование и других форм поверхности. Привлекательность эллиптической, параболической и гиперболической форм лишь в том, что они, как и сферическая поверхность, описываются достаточно простыми аналитическими формулами и сферическая аберрация линз с этими поверхностями может быть достаточно легко исследована теоретически с помощью описанного выше приема.

Всегда имеется возможность подобрать параметры сферической, эллиптической, параболической и гиперболической поверхностей таким образом, чтобы их кривизна в центре линзы была одинаковой. В этом случае для параксиальных лучей такие линзы будут неотличимы друг от друга, положение параксиального фокуса будет одинаковым для этих линз. Но по мере удаления от главной оси поверхности этих линз будут отклоняться от перпендикуляра к оси по-разному. Быстрее всего будет отклоняться сферическая поверхность, медленнее – эллиптическая, еще медленнее – параболическая и медленнее всех (из этих четырех) – гиперболическая. В такой же последовательности будет все заметнее уменьшаться и сферическая аберрация указанных линз. Для гиперболической линзы сферическая аберрация может даже сменить знак – стать отрицательной, т.е. лучи, падающие на линзу дальше от оптической оси, будут пересекать ее дальше от линзы, чем лучи, падающие на линзу ближе к оптической оси. Для гиперболической линзы можно даже подобрать такие параметры преломляющих поверхностей, которые будут обеспечивать полное отсутствие сферической аберрации – все лучи, падающие на линзу параллельно главной оп-

тической оси на любом расстоянии от нее, после преломления будут собираться в одной точке на оси – идеальная линза. Для этого первая преломляющая поверхность должна быть плоской, а вторая – выпуклой гиперболической, параметры которой и показатели преломления должны быть связаны определенными соотношениями.

Таким образом, применением линз с асферическими поверхностями сферическая aberrация может быть существенно уменьшена и даже полностью устранена. Возможность отдельного воздействия на преломляющую силу (положение парааксиального фокуса) и сферическую aberrацию обусловлена наличием у асферических поверхностей вращения двух геометрических параметров, двух полуосей, подбором которых можно обеспечивать уменьшение сферической aberrации без изменения преломляющей силы. У сферической поверхности нет такой возможности, у нее только один параметр – радиус и изменением этого параметра изменить сферическую aberrацию без изменения преломляющей силы невозможно. Для параболоида вращения тоже такой возможности нет, так как у параболоида вращения тоже только один параметр – фокальный параметр. Таким образом, из трех упомянутых асферических поверхностей только две пригодны для управляемого независимого воздействия на сферическую aberrацию – гиперболическая и эллиптическая.

Подобрать одиночную линзу с параметрами, обеспечивающими приемлемую сферическую aberrацию, несложно. Но будет ли такая линза обеспечивать требуемое уменьшение сферической aberrации в составе оптической системы глаза? Для ответа на этот вопрос необходимо рассчитать прохождение световых лучей через две линзы – роговицу и хрусталик. Результатом такого расчета будет, как и раньше, график зависимости координаты точки пересечения луча с главной оптической осью (координаты фокуса) от расстояния между падающим лучом и этой осью. Варьируя геометрические параметры всех четырех преломляющих поверхностей, можно с помощью этого графика изучать их влияние на сферическую aberrацию всей оптической системы глаза и пытаться минимизировать ее. Можно, например, легко убедиться, что aberrация всей оптической системы глаза с естественным хрусталиком при условии, что все четыре преломляющие поверхности являются сферическими, заметно меньше, чем aberrация одного только хрусталика, и немного больше, чем aberrация одной только роговицы. При диаметре зрачка 5 мм самые далекие от оси лучи пересекают эту ось примерно на 8% ближе, чем парааксиальные лучи при преломлении одним только хрусталиком. При преломлении одной только роговицей при таком же диаметре зрачка фокус для дальних лучей ближе примерно на 3%, чем для парааксиальных лучей. Вся оптическая система глаза с

этим хрусталиком и с этой роговицей собирает дальние лучи примерно на 4% ближе, чем парааксиальные лучи. Можно сказать, что роговица частично компенсирует сферическую aberrацию хрусталика.

Можно убедиться также, что оптическая система глаза, состоящая из роговицы и идеальной гиперболической линзы с нулевой aberrацией, установленной в качестве хрусталика, дает сферическую aberrацию, примерно такую же, как и одна только роговица, т.е. минимизация сферической aberrации одного только хрусталика недостаточна для минимизации всей оптической системы глаза.

Таким образом, для минимизации сферической aberrации всей оптической системы глаза за счет выбора геометрии одного только хрусталика необходимо подбирать не такую линзу, у которой минимальна сферическая aberrация, а такую, которая минимизирует aberrацию во взаимодействии с роговицей. Если преломляющие поверхности роговицы считать сферическими, то для практически полного устранения сферической aberrации всей оптической системы глаза необходимо подобрать хрусталик с гиперболическими преломляющими поверхностями, который в качестве одиночной линзы дает ощутимую (около 17% в жидкой среде глаза и около 12% в воздухе) отрицательную aberrацию. Сферическая aberrация всей оптической системы глаза при этом не превышает 0.2% ни при каких диаметрах зрачка. Почти такую же нейтрализацию сферической aberrации оптической системы глаза (примерно до 0.3%) можно получить даже с помощью хрусталика, у которого первая преломляющая поверхность является сферической, а вторая – гиперболической.

Итак, применение искусственного хрусталика с асферическими, в частности, с гиперболическими преломляющими поверхностями позволяет практически полностью устранить сферическую aberrацию оптической системы глаза и тем самым значительно улучшить качество изображения, даваемого этой системой на сетчатке. Это показывают результаты компьютерного моделирования прохождения лучей через систему в рамках достаточно простой двумерной модели.

Влияние параметров оптической системы глаза на качество ретинального изображения может быть продемонстрировано также с помощью значительно более сложной трехмерной компьютерной модели, выполняющей трассировку очень большого количества лучей (от нескольких сотен лучей до нескольких сотен тысяч лучей), вышедших из одной точки источника и попадающих в разные точки сетчатки в результате воздействия всех геометрических aberrаций и возможной неточной фокусировки системы. Складывая все лучи во всех точках сетчатки, пришедшие туда от всех точек источника, такая модель позволяет получить изображения протяженных источников

– различных тест-объектов, как цветных, так и черно-белых. В нашем распоряжении имеется такая трехмерная компьютерная модель и она наглядно демонстрирует значительное улучшение качества ретинального изображения при применении интраокулярных линз с асферическими преломляющими поверхностями за счет значительного уменьшения сферической aberrации и уменьшения тем самым размеров пятна рассеяния на сетчатке. В принципе сферическая aberrация может быть устранена практически полностью и, казалось бы, размер пятна рассеяния можно уменьшить практически до нуля, получив тем самым идеальное изображение.

Но не следует упускать из виду то обстоятельство, что идеальное изображение получить невозможно никаким способом, даже если предположить, что все геометрические aberrации устранены полностью. Есть принципиальный предел уменьшения размера пятна рассеяния. Этот предел устанавливает волновая природа света. В соответствии с дифракционной теорией, основывающейся на волновых представлениях, минимальный диаметр светового пятна в плоскости изображения, обусловленный дифракцией света на круглом отверстии, пропорционален (с коэффициентом пропорциональности 2.44) произведению фокусного расстояния на длину волны света и обратно пропорционален диаметру отверстия. Оценка для оптической системы глаза дает диаметр пятна рассеяния около 6.5 мкм при диаметре зрачка 4 мм.

Уменьшить диаметр светового пятна меньше дифракционного предела невозможно, даже если законы геометрической оптики сводят все лучи в одну точку. Дифракция ограничивает предел улучшения качества изображения, даваемого любой рефракционной оптической системой, даже идеальной. Вместе с тем дифракция света не хуже, чем рефракция, может быть использована для получения изображения, что успешно применяется в дифракционно-рефракционных ИОЛ. Но это уже другая тема.

НОРМЫ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЕ

Южанников А.Ю., Сизганова Е.Ю.,
Филиппов В.П.

*Сибирский федеральный университет
Красноярск, Россия*

Федеральные законы "Об энергосбережении" и "Об электроэнергетике" задают основные принципы энергосберегающей политики государства, определив приоритет эффективного использования энергетических ресурсов. Одной из важнейших задач в области энергосбережения в бюджетной сфере является проведение мероприятий, обеспечивающих снижение расходов

бюджетных средств, направляемых на оплату энергопотребления организаций.

Обычно применяемые методики нормирования и лимитирования расхода энергоресурсов используют два основных подхода:

1) расчет по данным об установленном энергооборудовании с учетом времени работы и расчетных коэффициентов;

2) по справочно-расчетным нормам на единицу продукции (или единицу площади, одного учащегося, койко-место в больнице и т.п.).

Первый способ не дает правильных результатов из-за невозможности учета всех режимов работы и времени включения многочисленного электрооборудования. Второй предполагает наличие некоторой средней нормы, одинаковой для всех. Многолетние исследования показали отличие действительных показателей энергопотребления от средних величин в два и более раз.

Приоритетным направлением в области энергосбережения, где можно достичь максимального эффекта при минимальных расходах и усилиях, является анализ методологии нормирования параметров энергопотребления на основе техникоэкономического подхода.

Ценологические свойства всей совокупности объектов проявляются в большом разнообразии энергопотребления и определенном соотношении крупных, средних и мелких потребителей. Для первоначального анализа могут быть выделены только крупные и средние предприятия и организации. Как показывает опыт, число таких объектов составляет порядка 10-20 % от общего числа потребителей, при этом они потребляют более 50 % энергетических ресурсов региона. Поэтому проведение энергосберегающих мероприятий именно в таких организациях дает наиболее ощутимый эффект. Предлагаемый подход предполагает разбиение совокупности образовательных учреждений на однородные группы по энергетическим и технологическим показателям (с использованием формализованных процедур). В полученных группах выявляются организации с завышенным энергопотреблением.

Для анализа энергопотребления применен аппарат гиперболических ранговых распределений и методы кластерного анализа. Рассматривая инфраструктуру образовательных учреждений как систему, состоящую из N объектов, характеризующихся соответствующими значениями электропотребления, построено их ранговое распределение по выбранному параметру, которое описывается гиперболическим уравнением.

Задача нормирования потребления ресурсов в инфраструктуре образовательных учреждений г. Красноярск как техникоэкономическая может быть эффективно решена средствами рангового анализа. В качестве нормируемого параметра рассматривается электропотребление образовательных учреждений на примере ДОО Свердловского