

МОДЕЛЮВАННЯ ЛЮДСЬКОГО ОКА ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ САД СИСТЕМ

Анотація. Стаття присвячена дослідженню можливості розробки адекватної моделі людського ока з використанням сучасних систем автоматизованого проєктування. У роботі продемонстровано приклад поєднання САД систем для більш точного вирішення такої задачі з використанням сучасних методів моделювання. Створено комплексну модель досліджуваного об'єкта в OpticStudio та SolidWorks на основі моделі ока Liou & Brennan 1997 року з метою подальшого її застосування при проєктуванні прогресивних лінз окулярів вільної форми.

Ключові слова: людське око, моделювання, OpticStudio, SolidWorks, САД системи.

ВСТУП

Протягом останніх 150 років у науковій літературі було опубліковано сотні моделей людського ока, серед яких можна знайти як дуже прості, що складаються з однієї заломлюючої поверхні, так і досить складні моделі з понад 4000 заломлюючими поверхнями. Деякі з них враховують неоднорідність значення показника заломлення по об'єму кристалика, інші представляють цей градієнт в якості двох або більше однорідних оболонок, більшість враховують цей компонент як елементарну однорідну лінзу [1].

На сьогоднішній день не існує абсолютно точної та цілком адекватної оптичної моделі ока, що обумовлено насамперед неповною вивченістю його структури та принципів роботи. Наукові дослідження органу зору людини та його властивостей продовжуються, з'являються нові гіпотези та теорії щодо функціонування елементів структури.

СФЕРИ ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ ЛЮДСЬКОГО ОКА

Моделювання системи ока застосовується, як правило, для вирішення конкретної задачі у певній сфері життєдіяльності людини. Такі моделі не є універсальними і не здатні у повній мірі відповідати органу зору конкретної персони. При цьому більш складне моделювання не обов'язково точніше відображає всі властивості ока або параметри органів зору конкретної людини. Немає сенсу, наприклад, використовувати модель, що включає кристалик з градієнтним показником заломлення, якщо це не дає більш достовірної інформації, ніж випадок представлення його у вигляді однорідної лінзи.

Моделі людського ока широко застосовуються у різних сферах, таких як медицина, наука, освіта та ін. Наприклад, багато офтальмологічних інструментів при дослідженні, діагностиці або хірургічних втручаннях спрямовують потік світла в око, при цьому корисно мати змогу визначити ефективність системи подачі освітлення або рівномірність розподілу світла на сітківці органу зору за допомогою попереднього моделювання. У деяких випадках вкрай важливо чітко сфокусувати світловий потік на певній дуже малій зоні сітківки, наприклад, при лазерному лікуванні діабетичної ретинопатії, в інших – світло фокусується на зіниці так, що висвітлює широке поле, наприклад, при непрямій офтальмоскопії. Єдина універсальна модель

людського ока може бути використана для проведення розрахунків в обох цих випадках, але з різною заданою геометрією джерела випромінювання.

МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНУ ЗОРУ ЛЮДИНИ

Створення адекватної моделі органу зору людини є непростю комплексною задачею. Основні труднощі, що виникають при такому моделюванні обумовлені наступним: кришталик має різний коефіцієнт заломлення по об'єму; його поверхні спроможні змінювати кривизну під дією механічних напружень; оптичні поверхні структурних компонентів ока складаються з дуже тонких плівок, простір між якими заповнений рідиною. Ще однією проблемою є те, що поверхня зображень оптичної системи ока (сітківка) має математично складну близьку до сферичної форму, що також значно ускладнює модель, так як не кожне програмне середовище здатне створити такий детектор [2]. На даний час орган зору повністю не вивчено саме через його складну будову, спрощена структура якої наведена на рис. 1. Отже, застосування сучасних CAD систем та комп'ютерного моделювання може суттєво допомогти при дослідженні структури та властивостей людського ока.

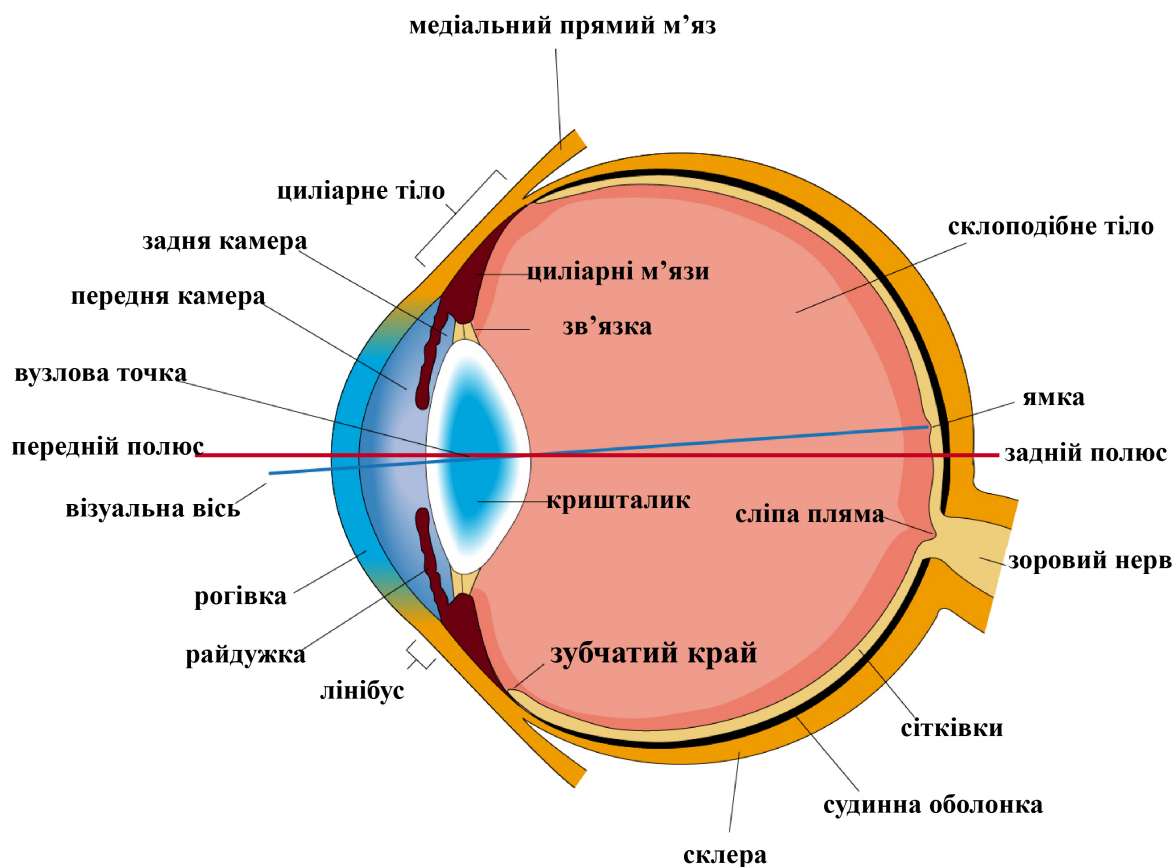


Рисунок 1. Будова людського ока

Проведене моделювання органу зору людини базується на параметрах моделі ока, розробленої Ліу та Бреннан у 1997 році [3], та реалізовано за допомогою програм OpticStudio і SolidWorks [4].

SolidWorks – програмний комплекс САПР для автоматизації робіт промислового підприємства на етапах конструкторської та технологічної підготовки виробництва. Середовище здатне забезпечити розробку виробів

будь-якого ступеня складності і призначення. Результат першого етапу моделювання людського ока, реалізований в програмному пакеті SolidWorks, наведено на рис. 2.

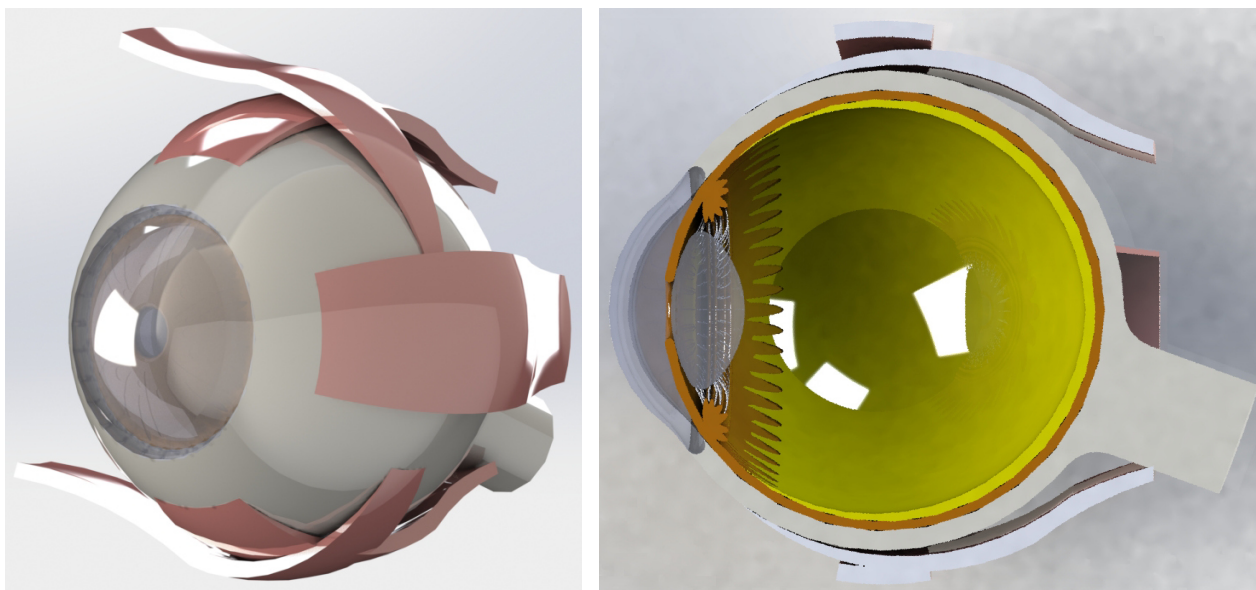


Рисунок 2. Модель людського ока в програмі SolidWorks

OpticStudio – це широко поширене в світі програмне забезпечення для проектування оптичних, світлових, лазерних систем. Провідні компанії аерокосмічної, астрономічної, автомобільної промисловості та ті, що працюють в області біомедичних досліджень, побутовій електроніці і з машинним зором, використовують цю програму в якості свого головного інструменту для оптичних розрахунків і проектування [5]. Заключний етап моделювання реалізовано за допомогою програми OpticStudio, що дало змогу створити досить універсальну, точну та адекватну модель людського ока (рис. 3), розрахувати і проаналізувати якість зображення його оптичної системи, дослідити його властивості (наприклад, акомодацию та адаптацию), забезпечити можливість в подальшому використовувати модель для різних потреб.

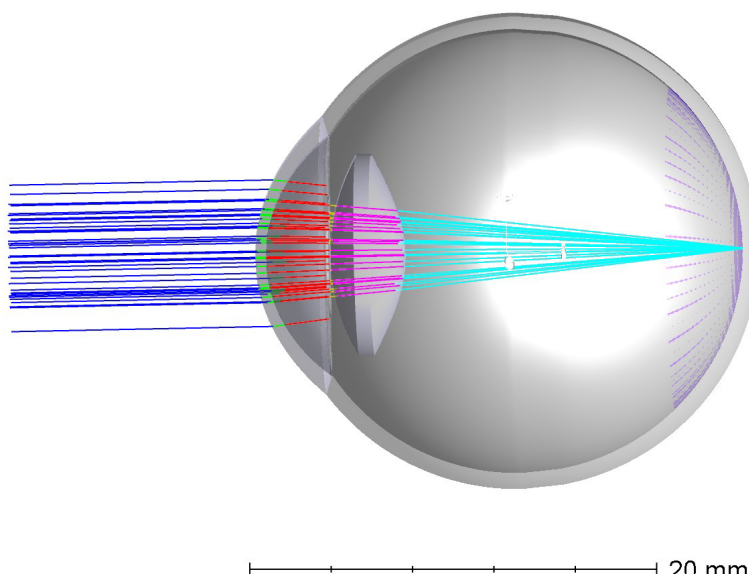


Рисунок 3. Функціональна модель людського ока в програмі OpticStudio

Кожна зі згаданих програм має як свої беззаперечні переваги так і загально визнані недоліки, однак, поєднання можливостей цих САD систем дає змогу створити дійсно адекватну та реалістичну модель органу зору людини. У середовищі SolidWorks було виконано моделювання певних частин структури ока, що не впливають на оптичну складову розрахунку, а у програмі OpticStudio проводився аналіз якості зображення оптичної системи.

Для підвищення точності дослідження в OpticStudio використовувався непослідовний режим роботи програми, що дало змогу змоделювати необхідні види світлових променів та маніпулювати твердотільними об'єктами, а не поверхнями. Також завдяки цьому вдалося додати до моделі елементи структури ока, що синтезовані в середовищі SolidWorks, і надати їм оптичні властивості. Слід зазначити, що програма OpticStudio є доволі гнучкою при подібному налаштуванні оптичних систем. Суттєвою перевагою застосування OpticStudio також є те, що дане спеціалізоване програмне забезпечення має вбудований каталог матеріалів оптичної системи людського ока.

ВИСНОВКИ

Сучасні САD системи дають змогу створювати високоякісні цифрові моделі об'єктів та конструкцій, ефективно проводити інженерні розрахунки та наукові дослідження. Можливості таких програмних пакетів звісно обмежені, однак, грамотне їх поєднання дозволяє моделювати роботу дуже складних систем, швидко та достовірно визначати параметри будь-якого об'єкту.

Результати, отримані на основі продемонстрованої в роботі моделі, мають високу достовірність та дозволяють проводити дослідження оптичної системи з метою корекції різноманітних недоліків органу зору людини.

Розроблену модель людського ока планується у подальшому використовувати для проектування прогресивних лінз окулярів вільної форми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Курушина С. Е. Моделирование естественной структуры хрусталика глаза человека / С. Е. Курушина, Л. И. Громова // Научные доклады ежегодной межвузовской 55-ой научной конференции СГПУ. – Самара. – 2001. – С. 146-151.
- [2] Smith G. The optical modeling of the human lens / G. Smith, B. K. Pierscionec, D. A. Atchison // Ophthalmic. Physiol. Opt. – 1991. – Vol. 11. – pp. 359-569.
- [3] Liou H. L. Anatomically accurate, finite model eye for optical modeling / H. L. Liou, N. A. Brennan // J. Opt. Soc. Am. – 1997. – Vol. 14(8). – pp. 1684-1695.
- [4] Назарчук О. О. Компенсація терморозфокусування оптичної системи термографа / О. О. Назарчук, О. В. Муравйов. // Біомедична інженерія. – 2017. – №5. – С. 66-67.
- [5] Бруслик М. О. Обнаружение объектов с помощью систем компьютерного зрения / М. О. Бруслик, А. В. Муравьев // Новые направления развития приборостроения: материалы 10-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 26-28 апреля. – Минск, Беларусь. – 2017. – С. 27-28.