

**УДК 617.715**

**Р. А. Ткачук докт. техн. наук., проф., А. А. Ткачук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ВНУТРІШНЬООЧНОЇ РІДИНИ НА  
УТВОРЕННЯ НАПРУЖЕНЬ В ОБОЛОНЦІ ОКА ПРИ ГЛАУКОМІ**

**R. A. Tkachuk Dr., Prof., A. A. Tkachuk**

**PROCESS MODELING OF THE INTRAOCULAR FLUID INTERACTION ON THE  
PRESSURE FORMATION IN GLAUCOMA EYE SHELL**

Основною причиною розвитку глаукоми стає неконтрольована зміна витоку внутрішньоочної рідини через трабекулярну мережу[1], що при патології призводить до підвищення внутрішньоочного тиску (ВОТ). Виникає потреба в моделюванні процесу та виявленні причин накопичення внутрішньоочної рідини всередині ока, яка створює додатковий тиск на стінки оболонки ока та зоровий нерв, що в результаті призводить до погіршення чи повної втрати зору [2]. Відомо, що тиск в межах 9 – 21 мм. рт. ст. який в нормі діє на оболонку ока не деформуючи її, при глаукомі підвищується до 22 – 41 мм. рт. ст., а тому в тонких оболонках ока виникають значні напруження, що призводять до зміни параметрів витоку внутрішньоочної рідини.

Напруження тонкої оболонки ока – це сила, яка її розтягує, співвіднесена з одиницею її ширини. В свою чергу у центральній частині рогівки радіус кривизни оболонки дорівнює приблизно 7 мм, на периферії рогівки – 9 мм, у передньому відділі склери – 11 мм, а в задньому її відділі – 12 мм. [3]. З урахуванням цього, напруга на одиницю площі поперечного перерізу сферичної оболонки можна розрахувати за формулою[4]:

$$T_s = \frac{P \cdot r_k}{2d} \quad (1)$$

де P – ВОТ;  $r_k$  – радіус кривизни ока; d – товщина оболонки ока.

В еліпсоїдальній оболонці напруга на одиницю площі поперечного перерізу може розрахуватися за формулою:

$$T_\varphi = \frac{P}{2bd} \sqrt{r^2(b^2 - a^2) + a^4} \quad (2)$$

де P – ВОТ; a – більший діаметр оболонки ока; b – менший діаметр оболонки ка; d – товщина оболонки ока; r – коефіцієнт, що вимірюється за формулою:

$$r = \sqrt{\frac{a^4}{2(b^2 - a^2)}}, \text{ при } (a > b) \quad (3)$$

де a – більший радіус оболонки ока; b – менший радіус оболонки ока;

Розрахунок і побудова графіку виконувалась у MATLAB 2014a. Для візуалізації залежності напруження від тиску і товщини оболонки ока побудовано графіки функції:

$$T_s = f(P, d) \quad (4)$$

де  $d \in [0.1, 2]$ ,  $P \in [9, 41]$ .

На графіку (рисунок 1) наведено залежність напруження оболонки ока від її товщини при рівнях ВОТ в нормі (9 – 21 мм. рт. ст.) та при глаукомі (22 – 41 мм. рт. ст.).

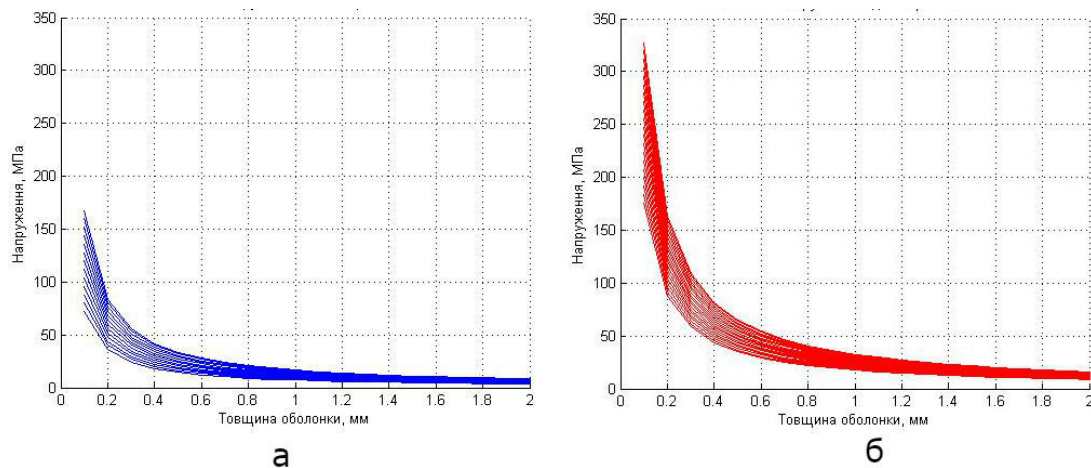


Рис. 1 – Залежність напруження від товщини оболонки в задньому відділі склери, радіус якої дорівнює 12 мм, при рівнях ВОТ а) в нормі 9 – 21 мм. рт. ст. б) при глаукомі 22 – 41 мм. рт. ст.

Отримані результати вказують на те, що при товщині оболонок 0,6 – 2 мм зміни рівня ВОТ не суттєво впливають на зміну напружень в оболонках ока, що перебувають в межах 5 – 30 МПа в нормі та 10 – 55 МПа при глаукомі, проте при товщині оболонок 0,1 – 0,6 мм навіть незначне збільшення рівня ВОТ спричиняє різке підвищення напружень, що є в межах 12 – 167 МПа в нормі, та 28 – 321 МПа при глаукомі. Також чим більший радіус оболонки, тим більші напруження виникають в оболонці при однаковому рівні ВОТ, так, у передньому відділі склери при товщині оболонки 0,1 мм та рівні ВОТ – 41 мм. рт. ст. напруження буде рівним 300 МПа, у задньому відділі склери з радіусом 12 мм та при товщині оболонки 0,1 мм напруження – 321 МПа.

Це пояснює чому при глаукомі пошкоджується очний нерв, оскільки його прикриває тонка оболонка з великим радіусом кривизни, яка деформується від високого ВОТ, що в свою чергу призводить до сліпоти. Тому виникає необхідність запобігти ураженню очного нерва та своєчасно зберегти зір пацієнта.

### **Література**

1. Ри Дуглас Дж. Глаукома: атлас / пер. с англ. под ред. С. Э. Аветисова, В. П. Еричева. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. - 472 с.
2. Ткачук А. А. Моделювання процесу транспортування внутрішньоочної рідини в дренажних системах при глаукомі // Збірник тез доповідей VIII Всеукраїнська студентська науково-технічна конференція «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (23–24 квіт. 2015р м. Тернопіль). – Т.: ТНТУ 2015. – С. 24.
3. Нестеров, А. П. Глаукома: Научное издание / Под общ. ред. А.С.Петров. – М. МИА, 2014. – 360 с.
4. Авдонин, А. С. Прикладные методы расчета оболочек и тонкостенных конструкций / М: Машиностроение, 1969. – 405 с