

Ортопедическая стоматология

UDC 616.314 – 76.07

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЧАСТКОВИХ ЗНІМНИХ ПЛАСТИНКОВИХ ПРОТЕЗІВ ІЗ РІЗНИМИ ФІКСУЮЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

**С.Г.Зубченко,
Д.В.Калашніков**

Вищий державний навчальний заклад України
"Українська медична стоматологічна академія",
м. Полтава

MATHEMATICAL MODELING OF PARTIAL REMOVABLE LAMINAR DENTURES STRUCTURES WITH DIFFERENT FIXING ELEMENTS

**S. G. Zubchenko,
D. V. Kalashnikov**

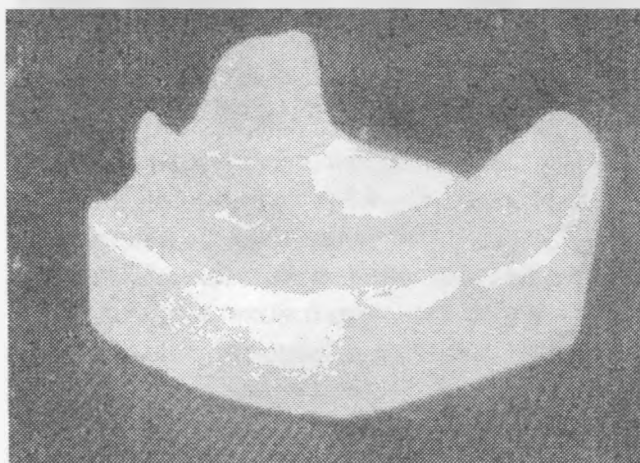
Higher State Educational Establishment of Ukraine
"Ukrainian Medical Stomatological Academy", Poltava

При виготовленні часткових знімних пластинкових протезів виникає проблема їх фіксації. Відомо, що для виготовлення цих конструкцій зубних протезів найчастіше застосовуються утримуючі кламери.

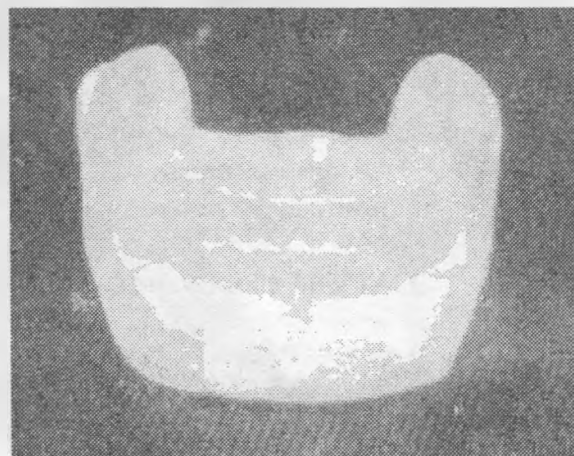
У той же час фіксація часткових знімних пластинкових протезів - це складна біомеханічна проблема: протез має утримуватися від

зсуву у вертикальному і горизонтальному напрямках; не повинен шкідливо діяти на опорні зуби і тканини порожнини рота; має відповідати естетичним нормам; не викликати в пацієнта негативного ставлення до знімної конструкції протеза [1; 2].

За допомогою математичних розрахунків ми провели емпіричний аналіз впливу утриму-

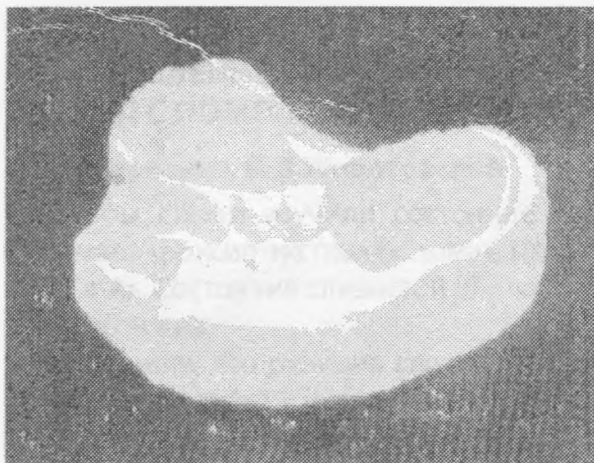


А

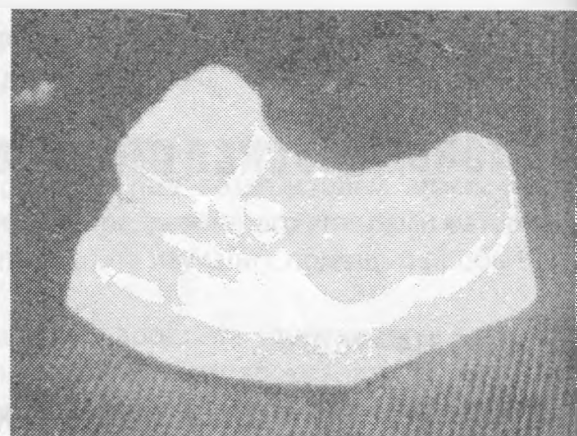


Б

Рис. 1. Модель нижньої щелепи без протеза (А) і з частковим знімним пластинковим протезом на атачменах (Б)



А



Б

Рис. 2. Часткові знімні пластинкові протези з утримуючими кламерами на моделях верхньої (А) й нижньої (Б) щелеп

ючих кламерів, опорно-утримуючих кламерів і атачменів на опорні зуби при протезуванні кінцевих дефектів зубних рядів частковими знімними пластинковими протезами [3; 4; 5].

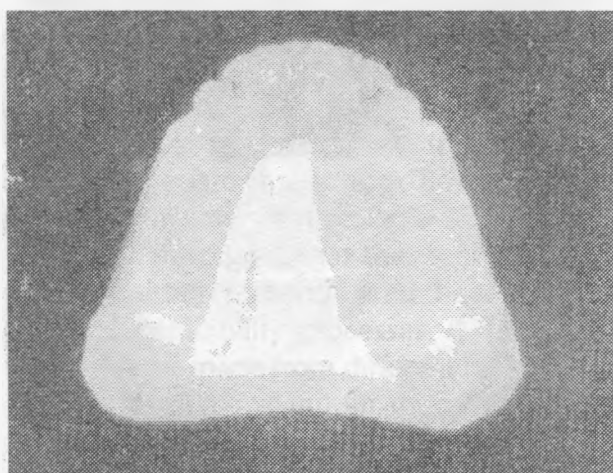
Серед відомих варіантів елементів фіксації часткових знімних пластинкових протезів, які заміщують кінцеві дефекти зубних рядів, з естетичної точки зору найприйнятнішими є атачмени (рис.1).

Крім того, проведений аналіз фіксації часткових знімних пластинкових протезів з утримуючими, опорно-утримуючими кламерами (рис. 2 і рис. 3), а також за допомогою атачменів (див. рис.1) показує, що утримуючий кламер практично не передає на опорний зуб ні

вертикальних, ні горизонтальних складових функціональних навантажень, які виникають під час пережовування харчової грудки. У цьому випадку основне навантаження сприймають тканини протезного ложа.

Однак, у зв'язку з тим, що для виготовлення фіксуючої частини протеза необхідно виготовити коронку на опорний зуб, виникає необхідність його препарування, що веде до зниження його несучих здатностей. Вищевказане спричиняє необхідність проведення розрахунку зусиль, які виникають у опорному зубі у тканинах протезного ложа.

Конструкційне рішення фіксації протеза опорно-утримуючими кламерами забезпечує



А



Б

Рис. 3. Часткові знімні пластинкові протези з опорно-утримуючими кламерами на моделях нижньої (А) й верхньої (Б) щелеп

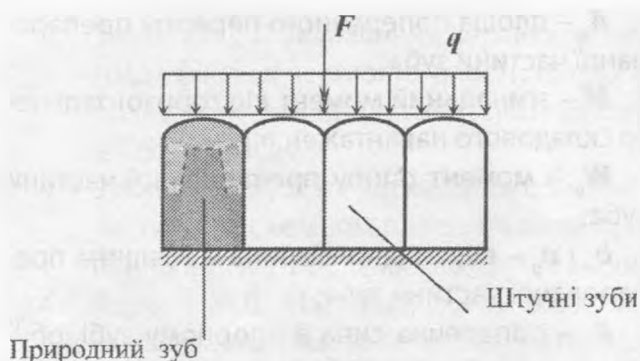


Рис.4. Розрахункова схема навантаження атачмена на опорний зуб:

**F – вертикальна складова жувальних сил;
q – інтенсивність навантаження**

більшу, в порівнянні з утримуючими кламерами, твердість кріплення, тим самим дає можливість часткової передачі функціонального навантаження на опорний зуб.

Найжорсткішим кріпленням із розглянутих є ортопедичні конструкції, які фіксуються на атачмени, конструкційне рішення яких дозволяє передати найбільшу частину функціональних навантажень на опорний зуб.

Усе це є додатковим чинником, що зумовлює необхідність розрахунку зазначених навантажень (рис. 4).

Функціональне навантаження будемо представляти як рівномірно розподілене по всій довжині протеза навантаження інтенсивністю q. При цьому загальна вертикальна складова жувальних сил F розподіляється таким чином:

$$F_0 = F / (1 + n), \quad (1)$$

$$F_3 = F / (1 + 1/n), \quad (2)$$

де F_0 – зусилля, сприймане опорним зубом; F_3 – зусилля, сприймане одним із зубів, що заміщують; n – кількість зубів, що заміщують.

Аналіз цих формул показує, що за збільшення кількості зубів, які заміщуються, навантаження на опорний зуб падає, а сумарне навантаження на зуби, що заміщуються, росте. Між тим, на кожний із зубів, що заміщується, навантаження також падає. Крім вертикальних навантажень, у процесі функціонування протеза виникає й горизонтальна складова навантаження, що викликає виникнення згинального моменту. Горизонтальну складову також будемо вважати рівномірно розподіленим навантаженням з інтенсивністю q_2 (рис. 5).

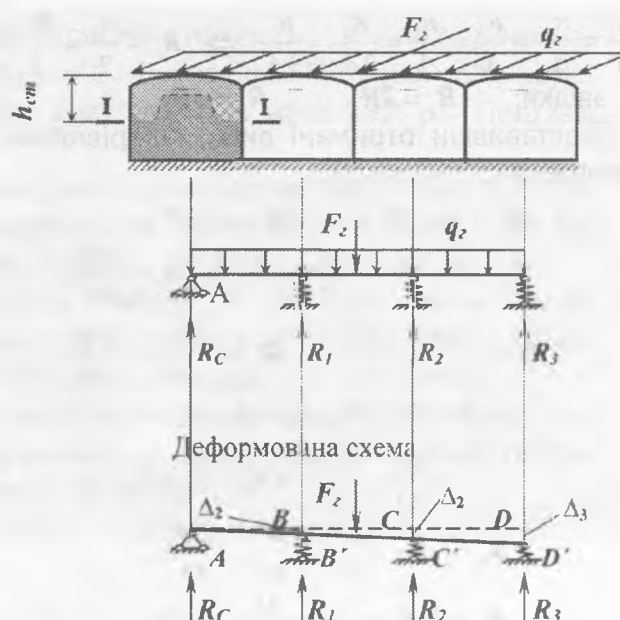


Рис.5. Розрахункова схема навантаження атачмена на опорний зуб у горизонтальній площині

Зневажаючи незначними деформаціями опорного зуба в горизонтальному напрямку і податливістю самого протеза, розрахункова схема для визначення зусиль від горизонтального навантаження представлена на рис. 5.

Для визначення зусиль у опорному зубі під дією горизонтального складового навантаження необхідно скласти рівняння рівноваги протеза:

$$\sum M_A = 0; \quad aR_1 + 2aR_2 + 3aR_3 - 1,5aF_2 = 0 \quad (3)$$

$$\sum Y = 0; \quad R_1 + R_2 + R_3 + R_C - F_2 = 0 \quad (4)$$

де: a – ширина зуба;

R_1, R_2, R_3 – відповідно зусилля, передані на протезне ложе першими, другими і третіми штучними зубами;

F_2 – рівнодіюча горизонтальної рівномірно розподіленого навантаження.

Рівняння спільності деформацій:

$$\text{із подоби трикутників } ABB' \text{ і } ACC' \quad \frac{a}{\Delta_1} = \frac{2a}{\Delta_2},$$

$$\text{із подоби трикутників } ABB' \text{ і } ADD' \quad \frac{a}{\Delta_1} = \frac{3a}{\Delta_3},$$

$$\text{звідки: } \Delta_2 = 2\Delta_1, \quad \Delta_3 = 3\Delta_1.$$

З огляду на пропорційну залежність між зусиллями в зубах протеза і їхніх переміщень, одержуємо:

$$\frac{R_1}{\Delta_1} = \frac{R_2}{\Delta_2} = \frac{R_3}{\Delta_3} = \frac{R_1}{\Delta_1} = \frac{R_2}{2\Delta_1} = \frac{R_3}{3\Delta_1} \Rightarrow R_1 = \frac{R_2}{2} = \frac{R_3}{3},$$

звідки: $R_2 = 2R_1$, $R_3 = 3R_1$.

Підставивши отримані вирази в рівняння рівноваги (3) і (4), маємо:

$$aR_1 + 2a \cdot 2R_1 + 3a \cdot 3R_1 - 1,5aF_2 = 0$$

$$R_1 + 4R_1 + 9R_1 - 1,5F_2 = 0 \Rightarrow R_1 = \frac{1,5F_2}{14};$$

$$R_2 = 2 \frac{1,5F_2}{14} = \frac{3F_2}{14}, \quad R_3 = 3 \frac{1,5F_2}{14} = \frac{4,5F_2}{14};$$

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_c - F_2 = 0,$$

$$\frac{1,5F_2}{14} + \frac{3F_2}{14} + \frac{4,5F_2}{14} + R_c - F_2 = 0;$$

$$R_c = -F_2 \cdot \frac{1,5F_2}{14} - \frac{3F_2}{14} - \frac{4,5F_2}{14};$$

$$R_c = \frac{5}{14} F_2 = \frac{5}{14} 3q = \frac{15}{14} q = 1,07q.$$

Остаточно з урахуванням розподіленого навантаження, сприйманого наявним зубом, одержуємо:

$$R_0 = q + 1,07q, \quad R_0 = 2,07q.$$

За будь-якої кількості зубів, які заміщуються, п горизонтальне зусилля в опорному зубі визначаємо за формулою:

$$R_0 = (1 + n)q - \sum_{i=1}^n i \cdot \frac{n^2 q}{2 \sum_{i=1}^n i^2}. \quad (5)$$

Перевірка стійкості опорного зуба з урахуванням характеру сприйманого навантаження виконується по двох розтиних по висоті зуба: у місці з'єднання препарованої частини зуба з непрепарованою (розтин I-I) і в базисі зуба. Обидва розтини перевіряються з умови міцності на позacentрене стиснення за загально-відомими формулами механіки.

Розтин I-I:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_c}{A_0} + \frac{M}{W_0} = \frac{N_c}{b_0 \cdot a_0} + \frac{R_c \cdot h_{cm}}{b_0 \cdot a_0^2 / 6} \leq R, \quad (6)$$

де: σ_{\max} – максимальне значення нормальної напруги;

N_c – поздовжня сила в опорному зубі, обумовлена по формулі (1);

A_0 – площа поперечного перерізу препарованої частини зуба;

M – згинальний момент від горизонтально-го складового навантаження;

W_0 – момент опору препарованої частини зуба;

b_0 і a_0 – відповідно ширина й товщина препарованої частини зуба;

R_c – поперечна сила в опорному зубі, обумовлена по формулі (5);

h_{cm} – висота препарованої частини опорного зуба;

R – розрахунковий опір зуба.

Розтин у базисі зуба:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_c}{A} + \frac{M}{W} = \frac{N_c}{b \cdot a} + \frac{R_c \cdot h}{b \cdot a^2 / 6} \leq R, \quad (7)$$

де: A – площа поперечного перерізу в базисі зуба;

W – момент опору препарованої частини опорного зуба;

b і a – відповідно ширина й товщина зуба в базисі зуба;

h – висота опорного зуба.

При цьому покладається, що розтин зуба – прямокутник зі сторонами a й b або a_0 й b_0 для непрепарованої й препарованої частини зуба відповідно.

Аналіз виразів (6) і (7) показує, що, варіюючи висоту і поперечний переріз препарованої частини опорного зуба, можна домогтися того, що загальна міцність опорного зуба не впаде нижче критичної величини при протезуванні частковими знімними пластинковими протезами з фіксацією на атачменах.

Отже, аналіз отриманих математичних розрахунків показав, що фіксацію часткових знімних пластинкових протезів на атачменах при заміщенні кінцевих дефектів зубних рядів можна використовувати без помітної втрати міцності опорних зубів, що разом з естетичним фактором робить цей варіант найприйнятнішим для протезування.

Список літератури

1. Головка С.В. Протезування односторонніх кінцевих дефектів нижнього зубного ряду: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.01.22 «Стоматологія» / С.В. Головка. – Полтава, 2000. – 16 с.

2. Зубченко С.Г. Визначення вертикального навантаження на опорні зуби при різних методах фіксації часткових пластинкових протезів / С.Г. Зубченко // Матеріали обл. наук.-практ. конф. лікарів стоматологів-ортопедів та науковців, 29 жовт. 2004 р. – Полтава, 2005. – С. 41-44.
3. Зубченко С.Г. Математическое обоснование применения фиксирующих элементов при частичном съёмном пластиночном протезировании / Зубченко С.Г., Король М.Д., Доценко В.И. // Проблемы экологии та медицини. – 2004. – Т.8, №5-6. – С. 15-19.
4. Король М.Д. Математическое моделирование в процессе изготовления частично съёмного пластиночного протезирования / М.Д. Король // Актуальные вопросы стоматологии: тез. докл. конф., посв. 70-летию ин-та. – Полтава, 1991. – С. 96-97.
5. Король Д.М. Математическое обоснование эффективности ортопедической конструкции протеза с использованием имплантата в качестве опоры / Д.М. Король // Український стоматологічний альманах. – 2001. – № 5. – С. 46-47.

Резюме

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЧАСТКОВИХ ЗНІМНИХ ПЛАСТИНКОВИХ ПРОТЕЗІВ ІЗ РІЗНИМИ ФІКСУЮЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

С.Г.Зубченко, Д.В.Калашніков

Автори статті виконали математичне моделювання конструкцій часткових знімних пластинкових протезів, зафіксованих різними фіксуєчими елементами.

За допомогою математичних розрахунків проведений емпіричний аналіз впливу утримуючих кламерів, опорно-утримуючих кламерів і атакменів на опорні зуби при протезуванні кінцевих дефектів зубних рядів частковими знімними пластинковими протезами.

Аналіз отриманих математичних розрахунків показав, що фіксацію часткових знімних пластинкових протезів на атакменах при заміщенні кінцевих дефектів зубних рядів можна використовувати без помітної втрати міцності опорних зубів, що разом з естетичним фактором робить цей варіант найприйнятнішим для протезування.

Ключові слова: математичне моделювання, кламери, опорно-утримуючі, утримуючі, атакмени, знімний пластинковий протез.

Резюме

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЧАСТИЧНЫХ СЪЕМНЫХ ПЛАСТИНОЧНЫХ ПРОТЕЗОВ С РАЗНЫМИ ФИКСИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

С.Г.Зубченко, Д.В.Калашников

Авторами статьи выполнено математическое моделирование конструкций частичных съёмных пластиночных протезов, фиксация которых проводится разными фиксирующими элементами.

С помощью математических расчетов проведен эмпирический анализ воздействия удерживающих кламмеров, опорно-удерживающих кламмеров и атакменов на опорные зубы при протезировании конечных дефектов зубных рядов частичными съёмными пластиночными протезами.

Анализ полученных математических расчетов показал, что фиксацию частичных съёмных пластиночных протезов на атакменах при замещении конечных дефектов зубных рядов можно использовать без заметной потери прочности опорных зубов, что вместе с эстетическим фактором делает этот вариант наиболее приемлемым для протезирования.

Ключевые слова: математическое моделирование, кламмеры, опорно-удерживающие, удерживающие, аттачмены, съемный пластиночный протез.

Abstract

MATHEMATICAL MODELING OF PARTIAL REMOVABLE LAMINAR DENTURES STRUCTURES WITH DIFFERENT FIXING ELEMENTS

S. G. Zubchenko, D. V. Kalashnikov

The mathematical modeling of partial removable laminar dentures structures with fixation by different locking elements was carried out by the authors.

The empirical analysis of the retaining clasps, clammers and attachments influence on the abutment teeth in prosthetic rehabilitation of dentition terminal defects by partial removable laminar dentures was conducted using mathematical calculations.

Functional load is considered as evenly distributed over the entire length of the prosthesis load with intensity q . The total vertical component of the masticatory forces F is distributed as follows:

$$F_0 = F/1+n, \quad (1)$$

$$F_3 = F/(1+1/n), \quad (2)$$

where F_0 – force, endured by the abutment tooth; F_3 – stress, endured by one of replaced tooth; n – the number of replaced teeth.

The analysis of mentioned formulas determined that while increasing the number of replacing teeth, the load on the abutment tooth decreases and the total load on the replaced teeth increased. Meanwhile, the load also decreases on each replacing tooth. Besides the vertical loads, the horizontal load component that causes bending moment occurs during the prosthesis functioning. The horizontal component will be considered as evenly distributed load with intensity q_2 .

The analysis of the study determined that varying the height and the cross section of the prepared part of abutment tooth, it can be ensured that the overall strength of the abutment tooth will not fall below the critical value in prosthetics by partial removable laminar dentures with fixation on attachments.

The analysis of the obtained mathematical calculations showed that fixation of partial removable laminar dentures on attachments while replacing dentition terminal defects can be performed without noticeable loss of abutment teeth strength, which, together with the aesthetic factor make this method the most reasonable for prosthetics.

Key words: mathematical modeling, clasps, bearing-holding, retaining, attachments, removable laminar denture.