

УДК 531/534:[57+61]

**М.Д. Иванова, А.А. Селянинов**

**M.D. Ivanova, A.A. Selyaninov**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗУБНОГО РЯДА ПРИ ПОМОЩИ ЭЛАСТОПОЗИЦИОНЕРА**

### **RESTORING THE DENTITION WITH AN ELASTOPOSITOR**

Работа посвящена исследованию зубочелюстных аномалий, которые могут привести к нарушениям функции других органов и систем организма. Определяются деформации, напряжения и перемещения зубов при действии эластопозиционера.

**Ключевые слова:** зубочелюстные аномалии, эластопозиционер, прикус, зубочелюстная модель.

The work is devoted to the study of dentoalveolar anomalies, which can lead to violations of the function of other organs and body systems. Finding of deformation, stress and movement of teeth under the action of the elastopositor.

**Keywords:** dentoalveolar anomalies, elastopositor, bite, dentoalveolar model.

#### **Введение**

На сегодняшний день многие люди страдают от заболеваний, связанных с зубочелюстной системой. В большинстве стоматологических исследований определено множество функциональных и морфологических отклонений у детей и взрослых.

Если вовремя не оказать помощь, то у больного может возникнуть множество нарушений разных органов и системы организма человека. Например, плохо пережеванная пища может привести к гастриту, ожирению и другим заболеваниям желудочно-кишечного тракта. Также неправильное расположение зубов приводит к кожным заболеваниям, заболеванию пародонта, кариесу, деформации височно-нижнечелюстного сустава, к эстетическим нарушениям лица.

Большая часть людей обладает определенной формой неправильного прикуса [1]. К примеру, среди детей младше семилетнего возраста часто проявляются аномалии зубных рядов, кариес и заболевания пародонта. Вследствие этого актуальным является исследование аномалий зубных рядов, предотвращение этих аномалий и миофункциональных нарушений при помощи ортодонтических аппаратов.

### Дефекты зубного ряда

Дефекты зубных рядов – отсутствие одного или нескольких зубов с нарушением целостности зубной дуги [4].

Существует ряд причин, из-за которых появляются дефекты зубного ряда. Дефекты образуются у пациента в результате потери зубов из-за последствий кариеса, различных травм и болезней пародонта. Также причиной может стать задержка прорезывания отдельных зубов. Дефекты зубных рядов могут проявляться в различных формах.

Основные формы дефектов:

- ◆ отсутствие одного или нескольких зубов в ряду;
- ◆ неправильный прикус у пациента;
- ◆ неправильное положение зуба в зубной лунке – альвеоле;
- ◆ неправильная форма или строение зуба;
- ◆ неправильное положение зуба в зубном ряду относительно других зубов [2, 3].

Симптомами может оказаться эстетический дефект, также возможно нарушение произношения у пациента. Еще может нарушиться функция жевания, происходит деформация окклюзионных поверхностей и смещение зубов. Лечение может происходить разными способами, такими как: замещение бюгельными или мостовидными протезами в зависимости от дефекта, а также имплантатами и с помощью эластопозиционера.

### Устройство эластопозиционера

У детей, которые не достигли возраста 7 лет, неправильный прикус можно исправить с помощью специальных упражнений и массажа.

При патологическом прикусе у детей до 12 лет часто используют трейнеры – это съемные аппараты, которые способствуют росту зубов в правильном направлении. Этот аппарат удобен, и его нужно носить всего лишь по несколько часов в день.

Когда у пациента более серьезный дефект зубного ряда и трейнеры не помогают, применяют съемные капы или пластинки. При использовании капы или пластинки лечение достигает от 1–2 лет, в большинстве случаев этот период является достаточным для исправления неправильного прикуса. Если после применения капы и пластинки остались некоторые аномалии, то юному пациенту будут ставить брекеты с 12–15 лет.

Функциональные аппараты, например эластопозиционеры, при раннем ортодонтическом лечении направляют рост верхней и нижней челюстей, способствуют сдерживанию или стимуляции роста разных отделов челюстей, устраняют неблагоприятное воздействие мимических и жевательных мышц, а также языка. К преимуществам лечения эластопозиционером можно отне-

сти то, что данные аппараты являются съёмными, не травмируют слизистую рта и десны, их следует применять преимущественно на протяжении всей ночи и два часа днем, кроме того, при использовании этого аппарата заметно сокращаются сроки лечения.

Еще в 1945 г. американский доктор Кеслинг предложил применение эластопозиционера с целью исправления небольших промежутков между зубами. В качестве материала для позиционера он использовал высокоэластичный каучук, что обеспечивало перемещение зубов на расстояние до 4 мм. Следует заметить, что свойства материала, из которого производят эластопозиционер, оказывают большое влияние на перемещение зубов, а также на время лечения и стабильность результатов.

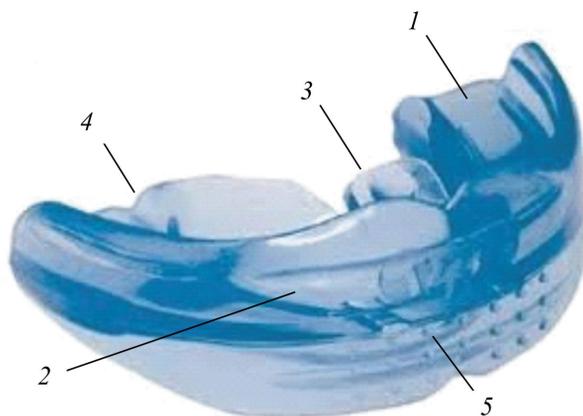


Рис. 1. Устройство эластопозиционера: 1 – канавки для зубов; 2, 5 – губные щиты; 3 – специальный язычок для коррекции положения языка; 4 – языковая защита

Для эластопозиционера приемлемый материал должен обладать определенными свойствами, такими как: высокая упругость, которая будет обеспечивать силу тяги; высокая эластичность и устойчивость на разрыв, которые будут достаточно долгое время сохраняться; прозрачность материала и стабильность формы; отсутствие запаха у материала, из которого создается позиционер, стабильность цвета; необходимость качественной обработки поверхности у эластопозиционера.

На рис. 1 представлено устройство эластопозиционера.

Эластопозиционер – это достаточно гибкая конструкция, параболическая по форме. Губные щиты 2 в сочетании с канавками для зубов 1 в переднем отделе продуцируют силу, постоянно действующую на неровно стоящие передние зубы, исправляя их положение.

Эластопозиционер состоит из специального язычка 3, который необходим для коррекции положения языка в полости рта. Для препятствия высовывания

языка при глотании в аппарате преобладает языковая защита 4. Шиповидные выступы и губные щиты 5 нужны для того, чтобы снизить давление подбородочной мышцы на передние зубы нижней челюсти, при небольшой скученности зубов они способствуют удлинению зубной дуги.

При наличии специальной удвоенной защиты эластопозиционер препятствует дыханию через рот, так как большинство детей при открытом рте могут спокойно дышать через нос. Этот ортодонтический аппарат может исправить дыхание детей. При состоянии, когда ребенок постоянно находится с открытым ртом, наблюдается значительное отставание в росте верхней челюсти по сравнению с детьми, дышащими через нос.

### Постановка задачи

Неперемещаемые зубы исключаем из рассмотрения, учитывая только перемещаемые зубы. Значимость их взаимодействия с позиционером заключается в закреплении частей эластопозиционера в области контакта с неперемещаемыми зубами с внутренней стороны поверхности зубного ряда. Рассчитываем только сам эластопозиционер. Предполагаем, что зубной ряд у пациента в норме, кроме двух передних верхних центральных резцов, которые выдвигаются на 1 мм вперед. Рассмотрим поверхности с граничными условиями. Перемещаемые зубы на поверхности контакта имеют небольшую кривизну в случае протрузии верхних центральных резцов. Поверхность, отличающаяся цветом, является поверхностью контакта перемещаемых зубов в тело эластопозиционера (рис. 2).

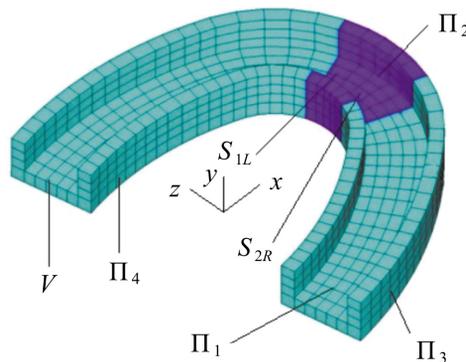


Рис. 2. Схема задания граничных условий

Для эластопозиционера решается трехмерная задача теории упругости, которая включает в себя: уравнение равновесия, закон Гука, геометрические соотношения Коши и граничные условия. Считаем, что остальные зубы находятся в норме, поэтому будем считать данные области неподвижными. А часть позиционера, соприкасающаяся с выдвинутыми зубами, перемещается на 1 мм. Пусть исследуемое тело занимает ограниченную область  $V$  – об-

ласть контакта перемещаемых зубов с эластопозиционером. На областях заданы нулевые перемещения.

### Уравнения теории упругости для эластопозиционера

Пусть рассматриваемое тело эластопозиционера занимает ограниченную область  $V$ .  $\bar{V}$  – это обозначение области замыкания, граница  $\Pi(\bar{V} = V \cup \Pi)$ .

Математическая модель включает контактную задачу теории упругости взаимодействия эластопозиционера с зубными рядами.

Для заданной области эластопозиционера с поверхностью  $\Pi$ , модулем упругости  $E$  и коэффициентом Пуассона  $\nu$  фиксированной поверхности реализации геометрической нелинейности упругое состояние описывается следующими уравнениями:

– уравнение равновесия в пренебрежении массовыми силами

$$\sigma_{ij,j} = 0, \quad i, j = \overline{1,3}, \quad \forall X \in V; \quad (1)$$

– закон Гука

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{pl}, \quad i, j, k, l = \overline{1,3}, \quad \forall X \in \bar{V}; \quad (2)$$

– геометрическое соотношение

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}), \quad i, j = \overline{1,3}, \quad \forall X \in \bar{V}; \quad (3)$$

– условия Коши на поверхности

$$\sigma_{ij} n_j = f_i, \quad i, j = \overline{1,3}, \quad \forall X \in \Pi; \quad (4)$$

– граничные условия

$$u_i = 0, \quad i = \overline{1,3}, \quad \forall X \in (\Pi_1 \text{ и } \Pi_4), \quad (5)$$

$$u_1 = u_2 = 0, \quad u_3 = 1, \quad \forall X \in \Pi_2, \quad (6)$$

$$f_i = 0, \quad i = \overline{1,3}, \quad \forall X \in \Pi_3. \quad (7)$$

Механические свойства материалов, которые используются в модели эластопозиционера: модуль упругости  $E = 5$  МПа, коэффициент Пуассона  $\nu = 0,46$ . Система уравнений (1)–(7) представляет математическую модель перемещения двух передних верхних центральных резцов с применением эластопозиционера. Математическая модель включает в себя задачу теории упругости взаимодействия позиционера с зубными рядами. Описанная расчетная схема и механические

свойства материала использованы для построения модели эластопозиционера в программном обеспечении Ansys, которое представлено на рис. 3.

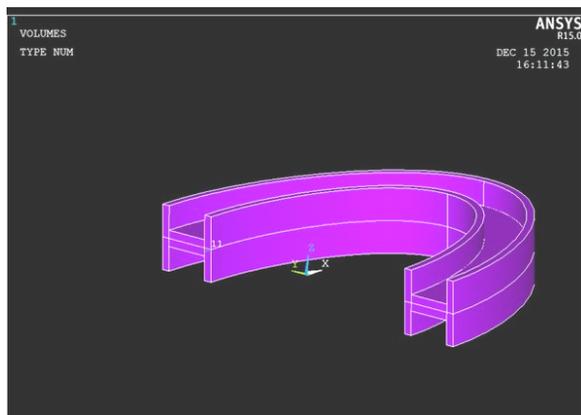


Рис. 3. Модель эластопозиционера

### Результаты расчета

После реализации приведенной выше расчетной схемы с представленными механическими свойствами материала, которые используются в модели, и граничными условиями получены следующие результаты (рис. 4–6). Так, по рис. 5 видно, что наибольшая часть эластопозиционера остается менее деформированной, но в области, где происходит контакт эластопозиционера с протрузией верхних передних центральных резцов, перемещения достигают наибольшей величины  $u_{\max} = 1,005$  мм. Так же у области данного эластопозиционера можно сделать аналогичные выводы об эквивалентной деформации  $\varepsilon = 0,14$  и интенсивности напряжений  $\sigma = 1,75$  МПа.

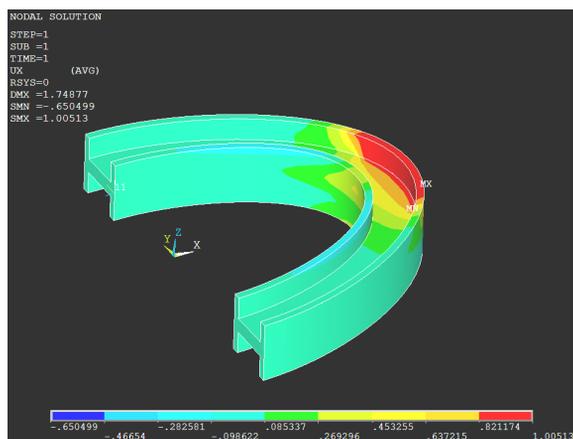


Рис. 4. Максимальные величины перемещения в эластопозиционере

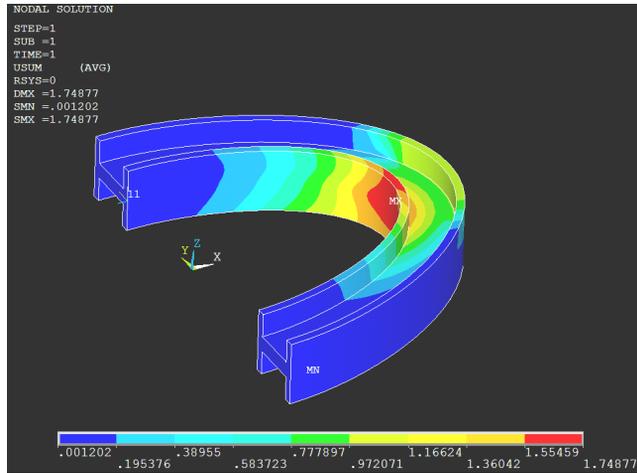


Рис. 5. Интенсивность напряжения

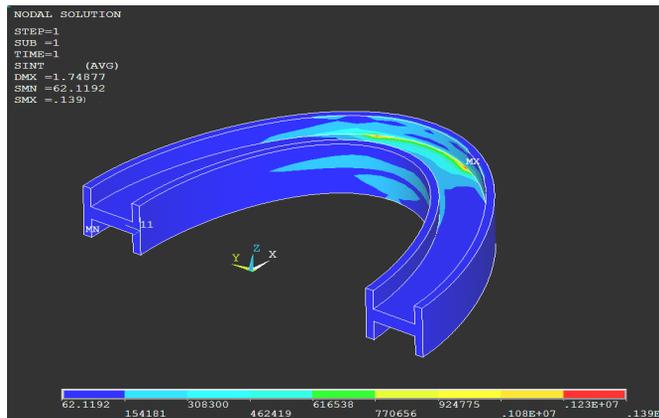


Рис. 6. Эквивалентная деформация

### Выводы

При помощи программы Ansys разработана модель эластопозиционера. Установлено, что математическая модель эластопозиционера включает задачу теории упругости взаимодействия эластопозиционера с зубными рядами. Определено напряженно-деформированное состояние эластопозиционера при лечении дефектов зубного ряда. Из полученных результатов (см. рис. 4–6) можно заметить, что большая часть эластопозиционера остается малодеформированной, в то время как в области контакта с поверхностью рассматриваемых зубов деформация  $\epsilon$  достигает 0,14, а напряжения  $\sigma$  – 1,75 МПа.

### Список литературы

1. Гвоздева Ю.В., Данилова М. А. Миофункциональные нарушения у детей: монография. – Пермь: Изд-во ПГМА им. акад. Е.А. Вагнера Росздрава, 2009. – 134 с.

2. Взаимодействие зубочелюстной системы с другими системами человеческого организма в рамках концепции виртуального физиологического человека / А.Н. Еловикова, Ю.И. Няшин, Я.А. Коркодинов, В.Н. Никитин, А.В. Тотьянина // Российский журнал биомеханики. – 2011. – Т. 15, № 3. – С. 8–26.

3. Селянинов А.А., Тотьянина А.В., Подгаец Р.М. Биомеханическое сопровождение коррекции зубного ряда с применением эластопозиционеров // Российский журнал биомеханики. – 2012. – Т. 16, № 1 (55). – С. 57–79.

4. Дефекты зубных рядов [Электронный ресурс]. – URL: <http://medprer.info/ail/pathography/243> (дата обращения: 02.06.2018).

Получено 18.06.2018

**Иванова Мария Дмитриевна** – магистрант, факультет прикладной математики и механики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет.

**Селянинов Александр Анатольевич** – доктор технических наук, профессор, факультет прикладной математики и механики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет.