

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОРНЕЙ ФРОНТАЛЬНЫХ ЗУБОВ, РАЗРУШЕННЫХ НИЖЕ УРОВНЯ ДЕСНЫ, ПОД ШТИФТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

А.К. Гуц¹

д.ф.-м.н., профессор, e-mail: guts@omsu.ru

Т.Н. Капотина²

ассистент, e-mail: fs@omsu.ru

Н.И. Панова¹

студент, e-mail: fs@omsu.ru

В.М. Семенюк²

д.м.н., профессор, e-mail: fs@omsu.ru

Р.Т. Файзулин¹

к.ф.-м.н., доцент, e-mail: fs@omsu.ru

К.К. Яковлев²

стоматолог, e-mail: fs@omsu.ru

¹Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск, Россия

²Омский государственный медицинский университет, Омск, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты, полученные в 1990-е годы и частично депонированные в 1995 году. Депонирование сделало их мало-доступными. Цель работы — математическое обоснование к использованию штифтовых конструкций для восстановления коронковой части зуба при разрушении корня фронтальных зубов ниже уровня десны на $1/4$ и $1/3$ его длины. Для этого была создана математическая компьютерная модель зуба со стальной вкладкой и проведены компьютерные эксперименты по выяснению напряжённо-деформированных состояний зуба с вкладкой, находящегося под нагрузкой в 3, 30 60 и 90 кГ. На основании проведённых нами исследований (математических расчётов и наблюдений до 48 пациентов в возрасте от 20 до 40 лет со штифтовыми конструкциями и фарфоровыми коронками) можно сформулировать следующие положения: 1) разрушенные корни фронтальных зубов ниже уровня десны на $1/4$ длины корня могут быть использованы в клинической стоматологии; 2) $2/3$ -й опорно-удерживающего аппарата корней фронтальных зубов с восстановленной корневой и коронковой частью достаточно для полноценной функции.

Ключевые слова: математическое обоснование, компьютерная модель, штифтовая конструкция, разрушение корня зуба.

В результате кариеса, реже травмы и патологической стираемости, наблюдается полная потеря коронки естественного зуба. К полным дефектам коронковой части зуба В.Н. Копейкин [1, 2] относит сохранение части коронки зуба

над уровнем десны на 2–3 мм. При наличии твёрдых тканей зуба на уровне десневого края и ниже уровня десневого края (на $1/4$ длины корня) врачам-стоматологам приходится решать вопрос об удалении корня зуба.

В подавляющем числе случаев корни зубов удаляются, так как до настоящего времени нет объективных критериев, позволяющих научно обосновать показания к их сохранению и использованию в качестве опорного элемента, дающего возможность после восстановления коронковой части полностью подключить зуб к функции. Между тем удаление корней обуславливает неизбежную резорбцию межзубных перегородок и снижение функциональных возможностей пародонта соседних зубов.

До настоящего времени¹ нет математических (механических) расчётов для обоснования использования штифтовых конструкций для восстановления коронковой части зуба в качестве опорного элемента.

Добавим, что в 1990-е годы необходимость в установке штифтовых конструкций на разрушенные ниже десны фронтальные зубы была очень актуальной (как впрочем и в наши дни, если учитывать дороговизну имплантантов). Публикуемые исследования дали гарантии для практических стоматологов в том, что установка штифтовых конструкций не навредит пациентам. В ОмГМУ были разработаны необходимые методические рекомендации [9], по которым обучали студентов.

1. Постановка задачи

Цель работы — математическое обоснование к использованию штифтовых конструкций для восстановления коронковой части зуба при разрушении корня ниже уровня десны на $1/4$ его длины и более.

Мы изучали использование штифтовых конструкций при восстановлении отсутствующих коронок естественных верхних фронтальных зубов (центральные резцы и клыки) и нижних клыков. В клинике для восстановления отсутствующих коронок естественных зубов используются культевая штифтовая вкладка, штифтовые зубы и штифтовые конструкции.

Принципиальное отличие штифтовых зубов и штифтовых конструкций в том, что в штифтовых зубах искусственная коронка жёстко соединена со штифтом, фиксируемым в корневом канале, а штифтовые конструкции состоят из штифта, монолитно соединённого с литой культевой вкладкой, и наружной коронки.

Достоинство штифтовых конструкций в том, что наружная искусственная коронка, восстанавливающая коронку естественного зуба, не соединена монолитно со штифтом и культевой вкладкой и при необходимости ее замены не нужно извлекать штифт из корня. Но поскольку нас интересовало поведение корня, то мы не различали штифтовые конструкции и штифтовые зубы. По этой же причине вкладка и штифт (диаметром 1 мм) брались целиком стальными (рис. 1).

¹Публикуемая работа была депонирована в 1995 года (см. [4]).



Рис. 1. Копия рентгенограммы нижней челюсти человека после укрепления литой культевой штифтовой вкладки в корневой канал $\bar{3}$



Рис. 2. Копия рентгенограммы нижней челюсти человека после укрепления покрывной коронки на литой культевой штифтовой вкладке $\bar{3}$ (на 30-е сутки)

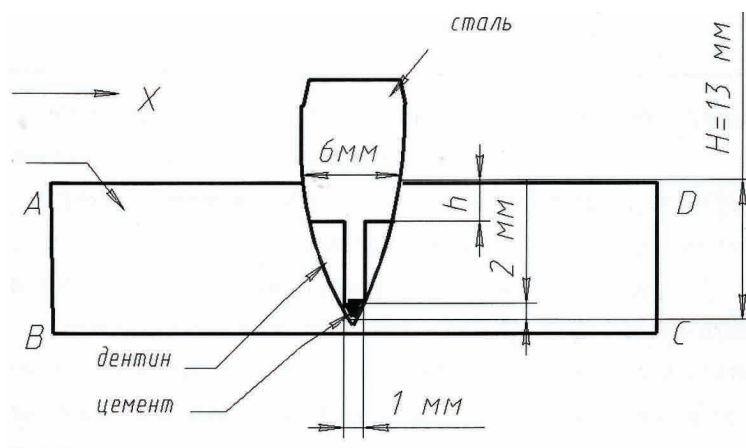


Рис. 3. Математическая модель корня зуба с литой культевой штифтовой конструкцией

2. Содержание математических методов в ортопедической стоматологии

Суть использованных математических методов заключается в следующем.

1. Строится математическая модель зуба с литой вкладкой и стальным штифтом, а также с литым штифтом, монолитно соединённым с культевой вкладкой на уровне h ниже уровня десны (причём мы брали $h = 0, H/4$ и $H/3$, где H — длина корня зуба), вместе с окружающей его челюстной костью.

Периодонтальная щель и слой цемента между штифтом и дентином в расчёт не принималась (их толщина $< 0,15-0,2$ мм).

Для упрощения расчётов на данном этапе рассматривалась плоская модель, то есть, по существу, мы пытались увидеть то, что происходит внутри зуба с штифтовой конструкцией в мысленно выделенном плоском сечении, проходящем через геометрическую ось зуба. Это достаточно стандартная плоская модель упругой среды, составленная из различных материалов (рис. 3), для расчёта деформаций и напряжений которой под воздействием внешней статической нагрузки использовался метод конечных элементов.

Появление обширных (по величине площади рассматриваемого плоского сечения сохранившейся части корня зуба) зон в корне зуба с напряжением, превосходящим предел прочности дентина (главным образом) на разрыв, трактуется как ситуация, ведущая к разрушению остатка корня, особенно при циклическом повторе данной нагрузки (пережёвывание пищи).

2. Модель реализовывалась на основе метода конечных элементов с помощью специального компьютерного пакета прикладных программ «Космос/М» для ПЭВМ РС IBM 386/387. Представление о созданных на основе рис. 3 плоских моделях зуба с $h = 0, H/4$ и $H/3$, даёт рис. 4.

Накладывалось условие нулевого граничного перемещения (жёсткого закрепления) по линии $ABUCUCD$. С левой стороны между костью и вкладкой узлы брались двойными — соединение между ними отсутствовало, следовательно, воздействие через образованную «узловую щель» не передавалось. Это

делалось для того, чтобы при рассмотрении вектора нагрузки, принадлежащего 4-му квадранту, моделировалась ситуация, при которой считается, что стальная вкладка не срывается с живой тканью. При увеличении нагрузки щель между вкладкой и тканью увеличивается (рис. 4).

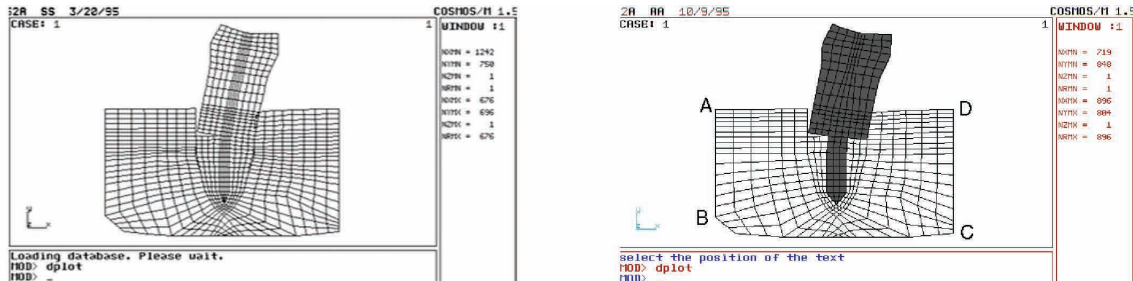


Рис. 4. Модель корня зуба с литой культовой штифтовой конструкцией, $h = 1/4H$ нагрузка под 45° , созданные на основе метода конечных элементов

Нагрузка бралась точечная, сосредоточенная в трёх узлах (имеющая одну и ту же величину в каждом узле).

Компьютерные исследования построенных моделей позволяют наглядно (на экране дисплея) увидеть как происходит деформирование зуба и окружающей челюстной кости под влиянием заданной нагрузки (вплоть до мультипликации), а также дают возможность увидеть полную картину распределения (в виде цветных зон одинакового напряжения) напряжённых состояний зуба с вкладкой (см. рис. 5).

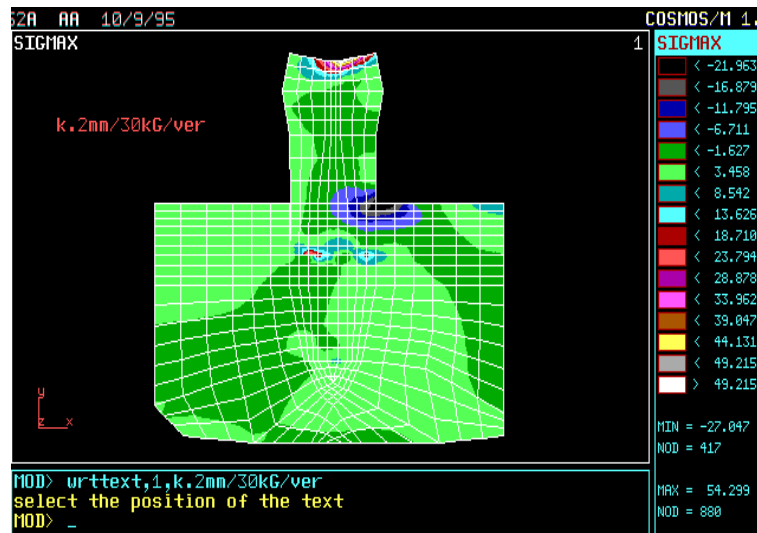


Рис. 5. Картины распределения (в виде цветных зон одинакового напряжения) напряжённых состояний зуба с вкладкой $h = 1/4H$ под нагрузкой

Всё это позволило провести серию компьютерных экспериментов, определяющих надёжность конкретной вкладки.

Для того чтобы быть уверенным, что моделирование даёт результаты, близкие к реальным, т. е. быть уверенным в адекватности моделей, была создана модель интактного (здорового) зуба, подвергнута компьютерным испытаниям, а результаты сравнивались с тем, что есть в медицинской литературе. Так, в случае вертикальной нагрузки в 3 кГ для модели «здорового зуба» (интактного) полученные напряжения по порядку величины согласуются с напряжениями, указанными в [3, с. 18, 23] и найденными иным способом.

Ниже мы не будем приводить реальные цветные картинки, полученные в экспериментах в силу того, что данный журнал не воспроизводит при печати цветные изображения, а заменяем их рисунками, сделанными на основе соответствующих цветных образов.

Для построения компьютерных моделей типа рис. 3, 4 необходимо знать значения различных физических величин. Они даны в следующей таблице².

Таблица 1. Показатели костной ткани, эмали, дентина, цемента, стали, необходимые для построения математической модели зуба

Показатели	Плотность, кг/мм ³	Модуль Юнга, н/мм ²	Предел прочности на разрыв, н/мм ²
Кость	$1,8 - 2,0 \times 10^{-6}$	$1,38 - 1,94 \times 10^4$	
Эмаль		$2,8 - 9,0 \times 10^4$	8,23 – 34,3
Дентин	$1,8 - 2,0 \times 10^{-6}$	$1,4 - 1,90 \times 10^4$	20,6 – 42,0
Цемент	$2,5 - 3,0 \times 10^{-6}$	2×10^4	2,5 120 – 160 (сжатие)
Сталь	$7,8 - 8,0 \times 10^{-6}$	$19,5 - 20,6 \times 10^4$	

3. Результаты компьютерных экспериментов

Преимуществом математического моделирования является то, что здесь легко набирается требуемая статистика по той или иной вкладке без эксперимента с живыми пациентами. Математическое моделирование, как предварительный этап клинических испытаний, даёт возможность заранее отбросить безнадёжные или неудачные штифтовые конструкции, а также определить, каким может быть уровень h разрушения корня зуба, когда ещё возможно его сохранение. Наконец, математическая модель обосновывает (или бракует) жизнеспособность того или иного метода протезирования, позволяя уверенно расширять число пациентов.

²Данные по дентину предоставлены физиком Лобачёвым Игорем Александровичем.

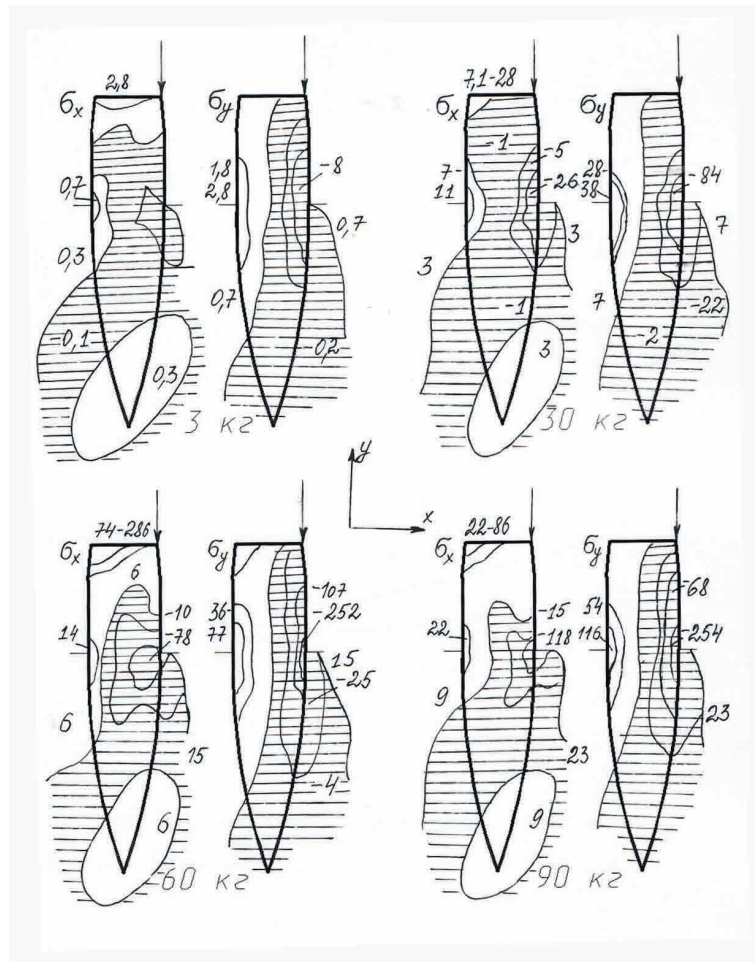


Рис. 6. Зоны напряжения, возникающие в интактном зубе при вертикальной несимметричной нагрузке (заштрихована зона сжатия)

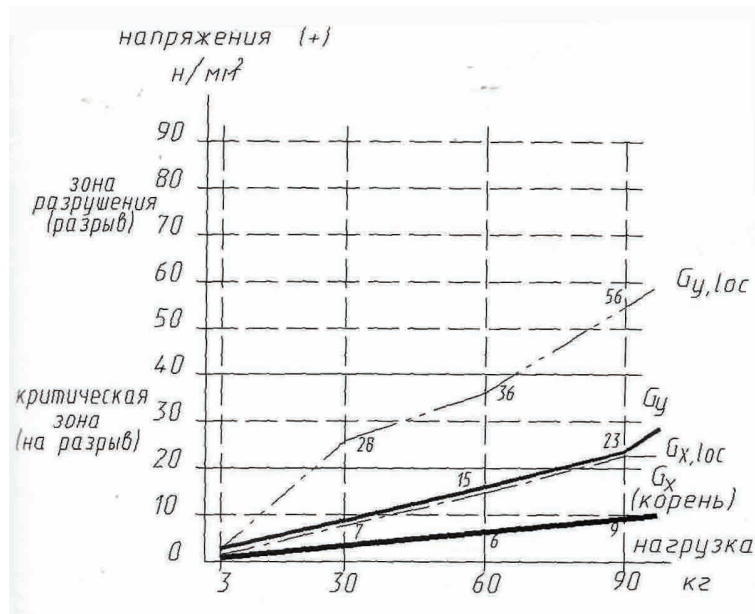


Рис. 7. Напряжения (положительные), возникающие в интактном зубе при вертикальной несимметричной нагрузке

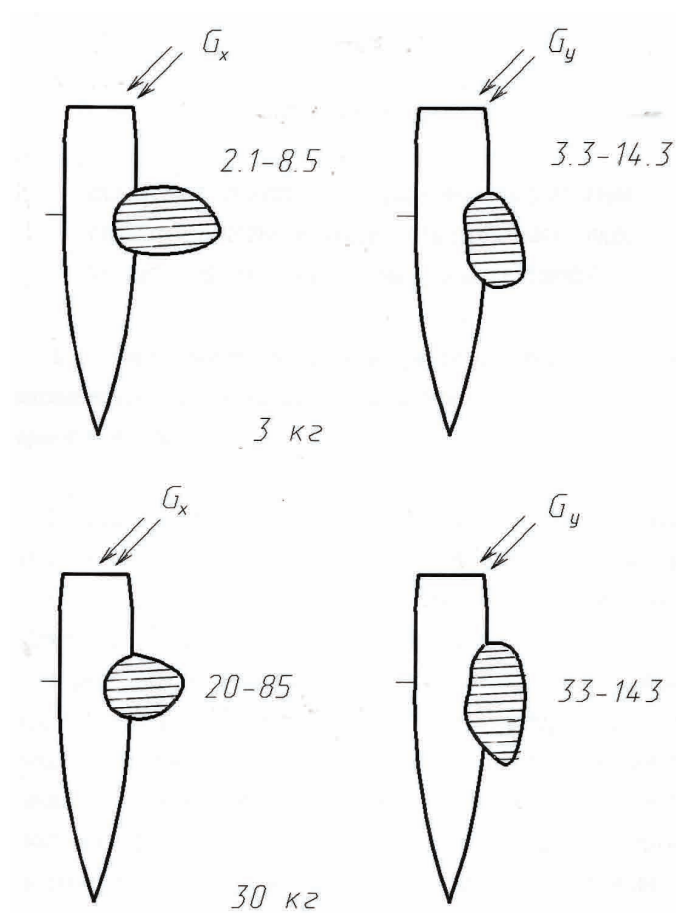


Рис. 8. Зоны напряжения, возникающие в интактном зубе при нагрузке под углом 45° (заштрихована зона разрушения)

Недостатком математического моделирования является его идеализированность, пренебрежение теми или иными деталями. В нашем случае — это упрощение структуры дентина, огрехи при обработке остатка корня зуба, установке штифтовой конструкции, абстрагирование от температурных (что впрочем можно было учесть) и химических условий и т. д.

Естественно, лучшим выходом является сочетание клиники и математики.

4. Функциональное состояние парадонта после восстановления отсутствующей части корня и естественной коронки зуба штифтовыми конструкциями при различных величинах и направлениях

Имея описание состояния интактного зуба, можно проводить сравнения с состояниями парадонта после восстановления отсутствующей части корня и естественной коронки зуба штифтовыми конструкциями при различных величинах и направлениях.

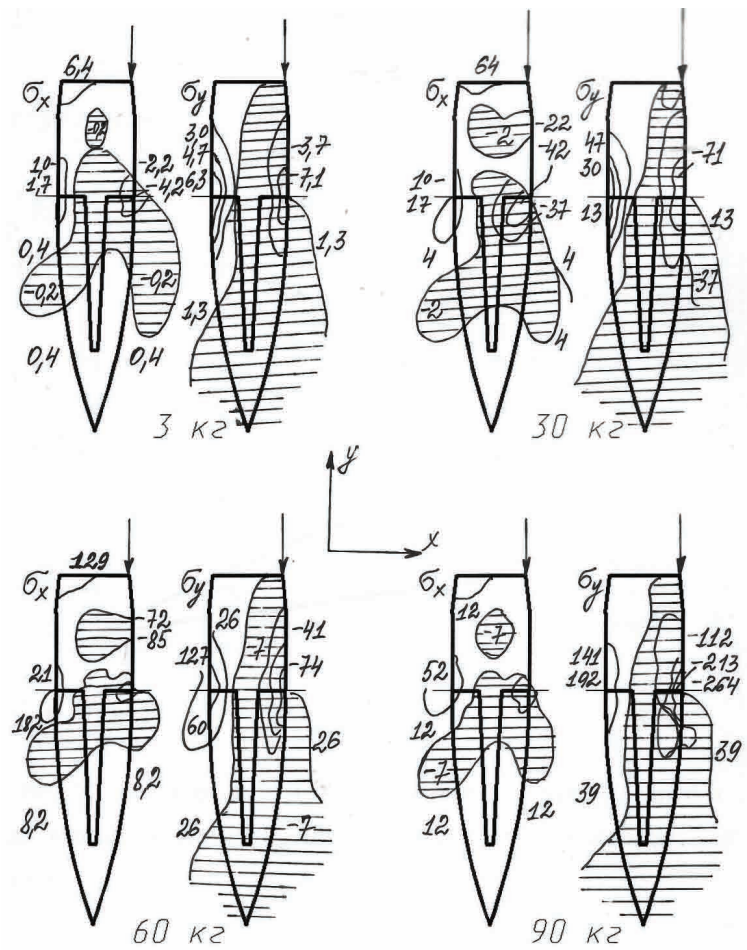


Рис. 9. Зоны напряжения, возникающие в корне зуба при разрушении его до уровня десны ($h = 0$) при вертикальной несимметричной нагрузке (заштрихована зона сжатия)

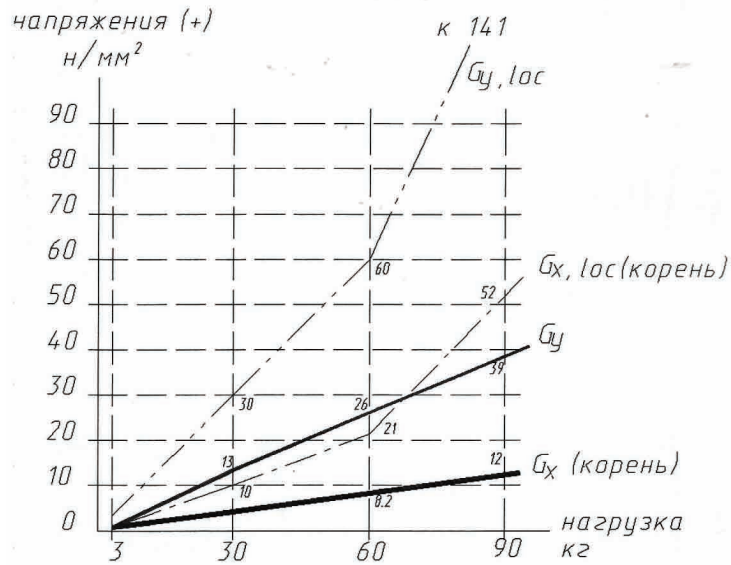


Рис. 10. Напряжения, возникающие в корне зуба, разрушенного до уровня десны ($h = 0$) при вертикальной несимметричной нагрузке

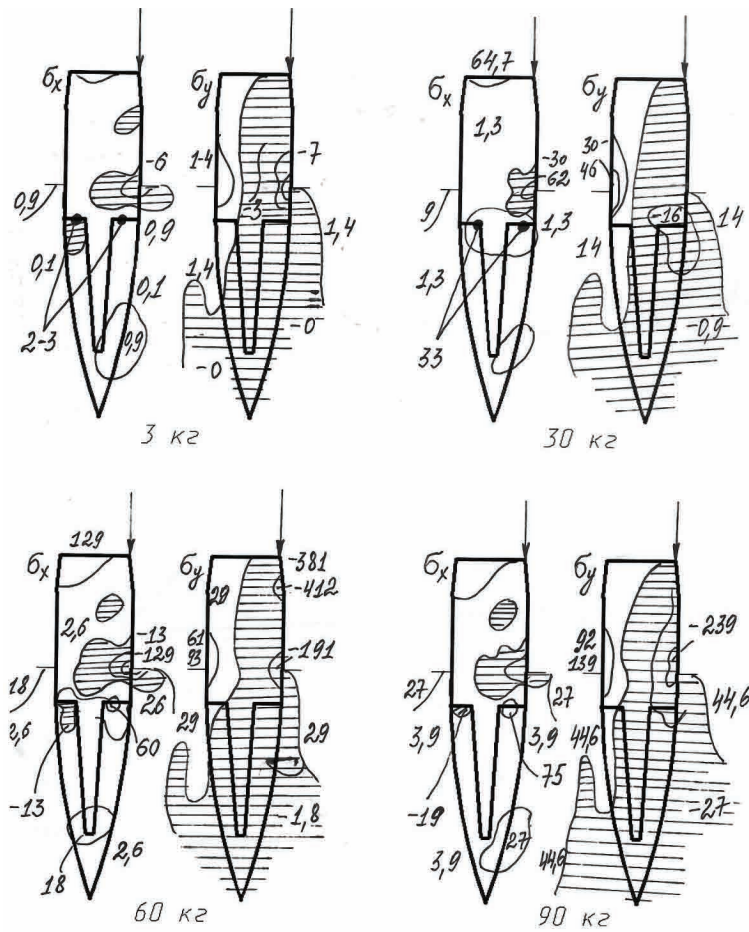


Рис. 11. Зоны напряжения, возникающие в корне зуба при разрушении его на 1/4 длины ($h = H/4$) при вертикальной несимметричной нагрузке (заштрихована зона сжатия)

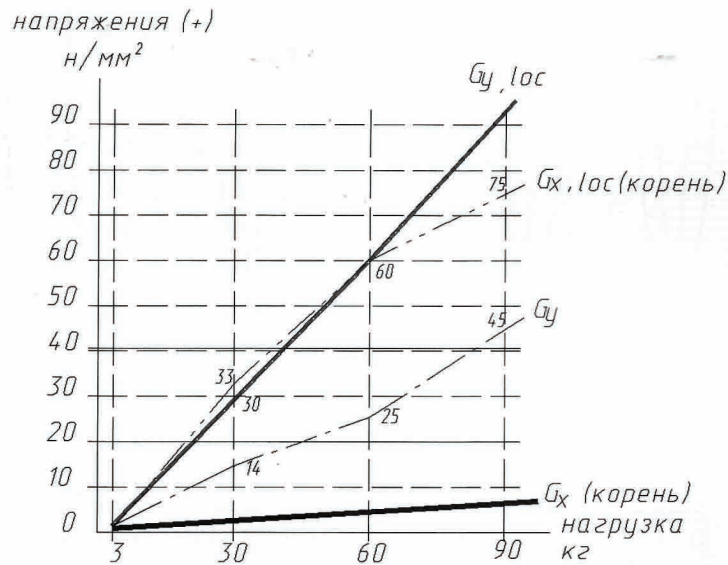


Рис. 12. Напряжения, возникающие в корне зуба при разрушении его на 1/4 длины ($h = H/4$) при вертикальной несимметричной нагрузке

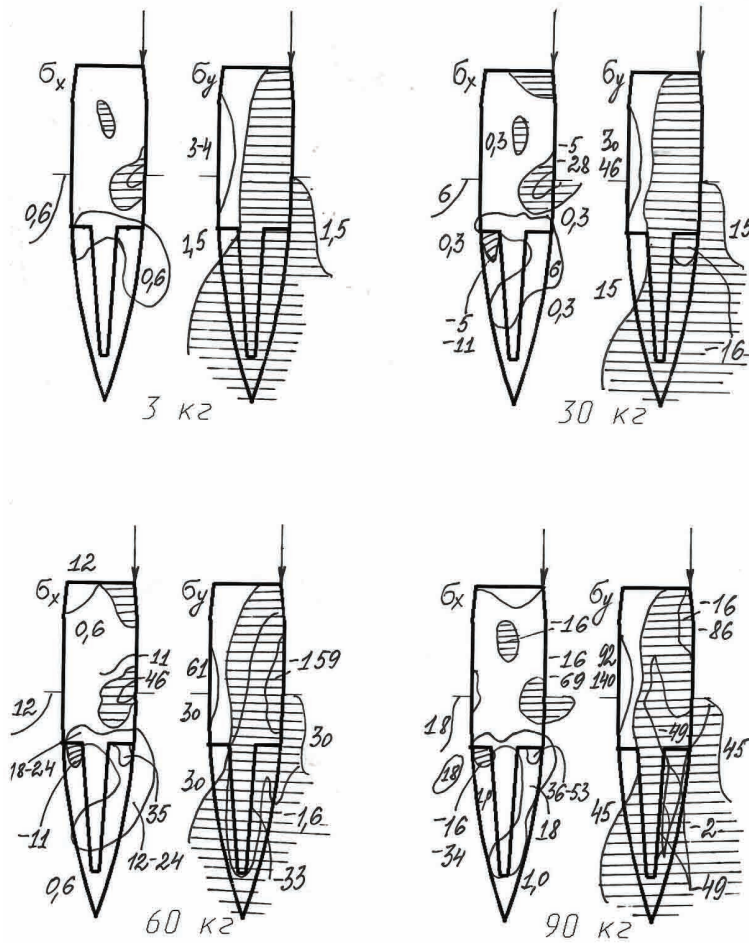


Рис. 13. Зоны напряжения, возникающие в корне зуба при разрушении его на $1/3$ длины ($h = H/3$) при вертикальной несимметричной нагрузке (заштрихована зона сжатия)

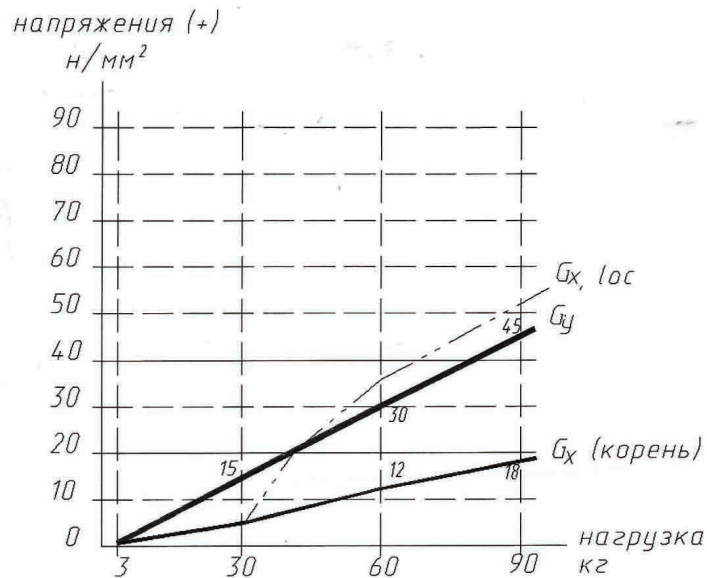


Рис. 14. Напряжения, возникающие в корне зуба при разрушении его на $1/3$ длины ($h = H/3$) при вертикальной несимметричной нагрузке

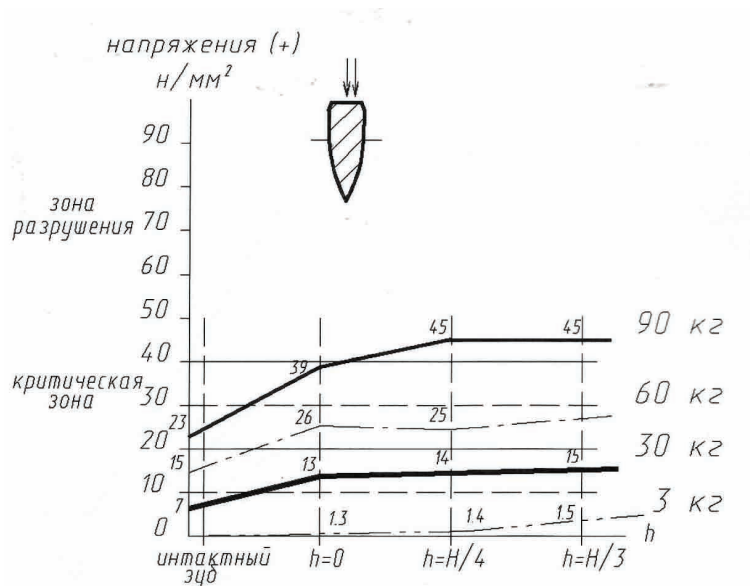


Рис. 15. Напряжения (положительные, σ_y) для разных моделей при вертикальной несимметричной нагрузке

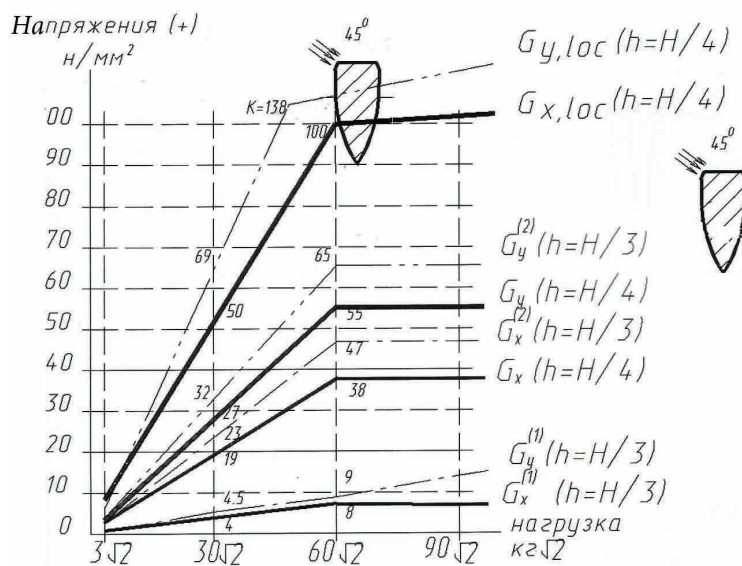


Рис. 16. Напряжения на разрыв в моделях с $h = H/4, H/3$ при нагрузке под углом 45°

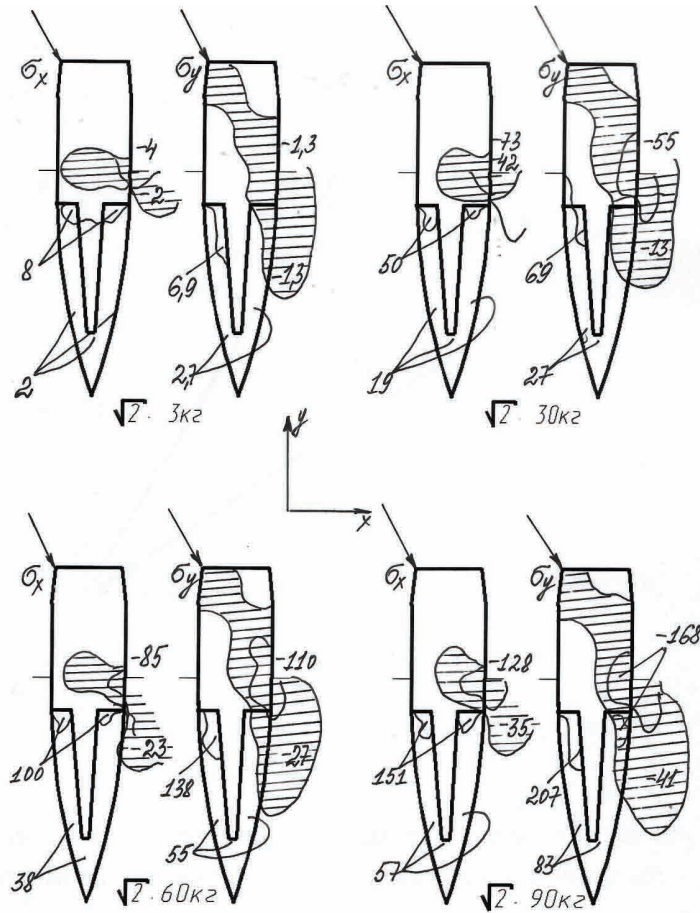


Рис. 17. Зоны напряжения, возникающие в корне зуба при разрушении его на 1/4 длины ($h = H/4$) при нагрузке под углом 45° (заштрихована зона сжатия)

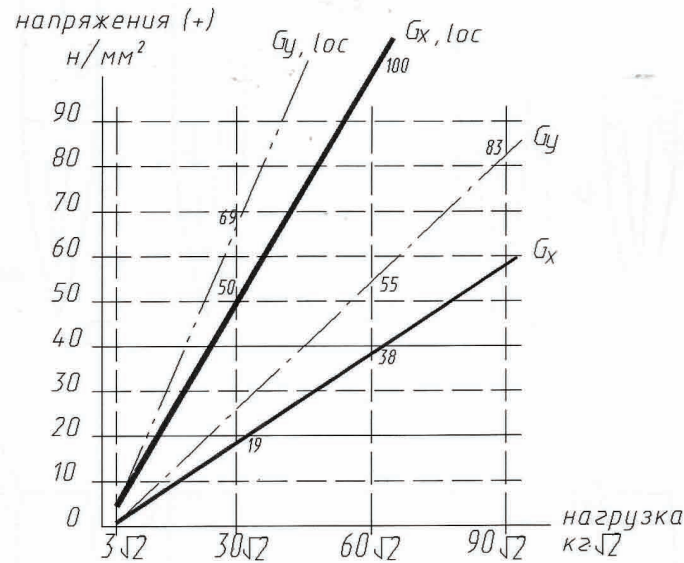


Рис. 18. Напряжения, возникающие в корне зуба при его разрушении на 1/4 длины ($h = H/4$) при нагрузке под углом 45°

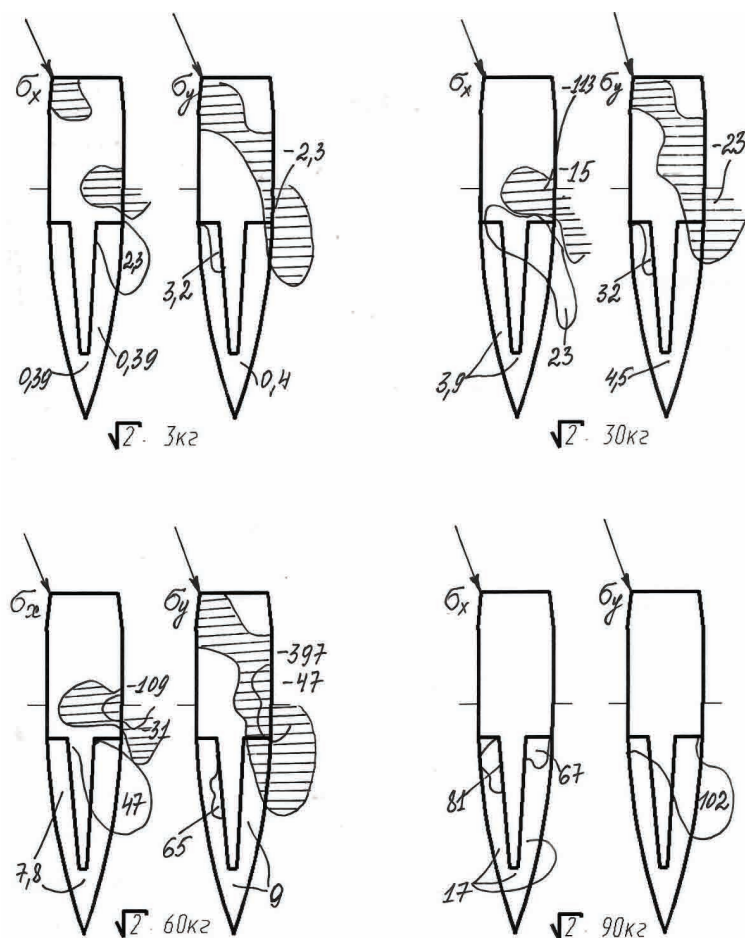


Рис. 19. Зоны напряжения, возникающие в корне зуба при разрушении его на 1/3 длины ($h = H/3$) при нагрузке под углом 45° (заштрихована зона сжатия)

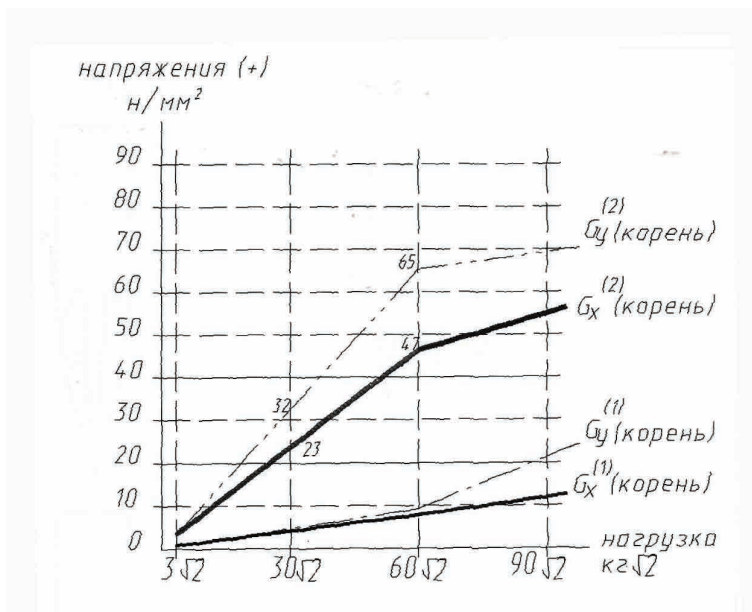


Рис. 20. Напряжения, возникающие в корне зуба при его разрушении на 1/3 длины ($h = H/3$) при нагрузке под углом 45°

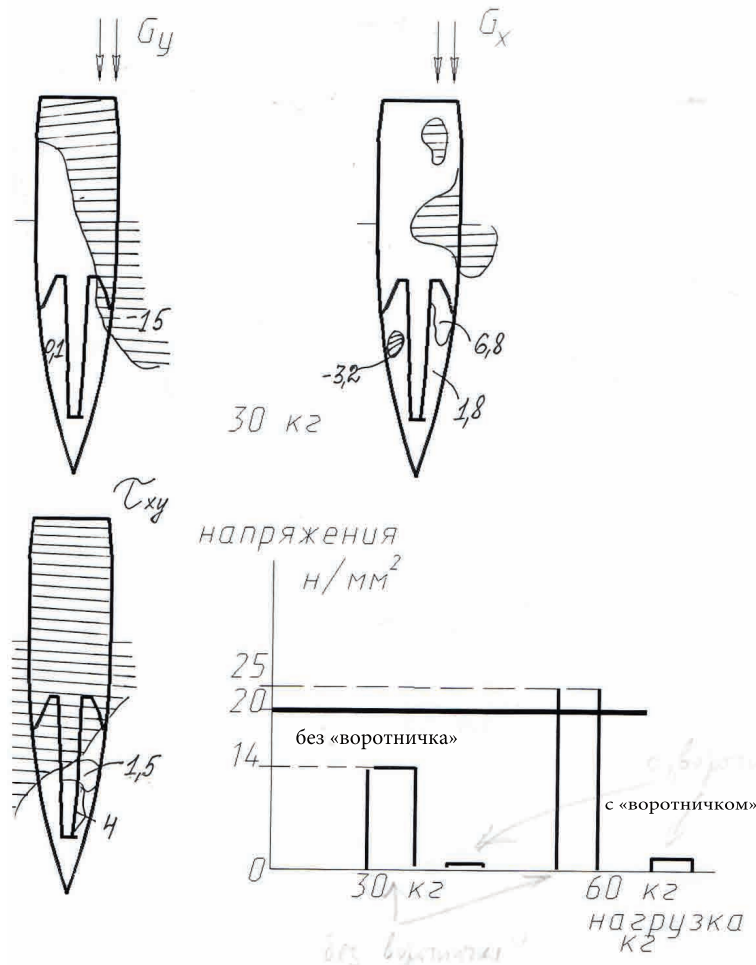


Рис. 21. Зоны напряжения, возникающие в корне зубе с литой культевой штифтовой вкладкой с воротничком при вертикальной несимметричной нагрузке в 30 кг (заштрихована зона сжатия)

4.1. Расчёты нагружения интактного зуба при различных величинах и направлениях нагрузок

Как было сказано выше, для того чтобы результаты компьютерных экспериментов с восстановленными разрушенными зубами могли рассматриваться как материал, заслуживающий доверия, необходимо сравнивать состояние под нагрузкой интактного (здорового) зуба и восстановленного.

Для этого были созданы компьютерные модели интактного фронтального зуба верхней и нижней челюстей (верхние и нижние центральные резцы, верхние клыки, нижние клыки), которые были подвергнуты испытаниям при различных величинах и направлениях нагрузок.

Самый неблагоприятный и реальный вид нагрузки — вертикальная несимметричная. При такой нагрузке зуб выдерживал до 90 кг. При 90 кг и выше по оси x интактный зуб попадает в критическую зону (**критическая зона — это от 20 до 40 н/мм²**).

Поведение интактного зуба при различной величине вертикальной несимметричной нагрузки представлено на рис. 6, 7 и 8.

При нагрузке под углом в 45° интактный зуб попадает в критическую зону уже при нагрузке в 30 кГ. Напряжения, возникающие в интактном зубе при нагрузке под углом в 45° , указаны на рис. 8.

4.2. Расчёты нагружения восстановленного зуба при различных величинах и направлениях нагрузок

В данной работе показано, что штифтовые конструкции при $h = 0$, $H/4$ и $H/3$ неплохо держатся при несимметричной вертикальной нагрузке до 30 кГ, хотя в остатке корня напряжения превосходят напряжения, возникающие в «здоровом зубе» (модель которого также подвергалась компьютерным испытаниям). См. рис. 9–15.

При нагрузках больше 60 кГ напряжения (по вертикали — σ_y) на большей части корня (в дентине) нарастают и попадают в критическую зону (для разрыва — это напряжения от 20 до 42 н/мм²). По существу, это означает реальность разрушений корня зуба. Но в **зону разрушения** (где $\sigma_y > 40$ н/мм²) испытываемые модели попадали лишь при нагрузках, близких к 60 кГ.

Напряжения по горизонтали σ_x значительно меньше, и не попадали в критическую зону (где $\sigma_x > 40$ н/мм²).

Локально, на очень малых участках корня, возникающие напряжения по вертикали и по горизонтали попадают в критическую зону уже при приближении нагрузки к 30 кГ (рис. 9–14), причём даже для модели здорового зуба (рис. 7), а в зону разрушения — при нагрузке выше 30 кГ ($h = H/4$, $H/3$ (рис. 11–14)). Следовательно, при наличии в соответствующих местах корня трещин возможны нарастающие расколы.

Исследование на разрушения при сжатии (напряжения отрицательные — см. рис. 9–14) возможно, но, как правило, материал более прочен при сжатии, и большие отрицательные напряжения достигались в корне лишь при нагрузке около 90 кГ. Точная оценка ситуации затруднялась отсутствием у авторов данных о пределе прочности дентина на сжатие. Напомним, что более важно было проследить значения положительных напряжений.

В целом можно считать, что наши исследования подтвердили предположения Н.В. Копейкина, что 2/3-й опорно-удерживающего аппарата достаточно для выполнения полноценной функции.

Штифтовые конструкции с $h = H/3$ при вертикальных несимметричных нагрузках ведут себя близко к тому, что наблюдается для штифтовых конструкций с $h = H/4$ (см. рис. 15).

При симметричной вертикальной нагрузке в 60 кГ и 90 кГ возникают положительные напряжения σ_x в дентине от 20 до 30 н/мм² соответственно, локально в районе стыка корня и вкладки, а отрицательные напряжения незначительны (-17 н/мм² в районе штифта). Сказанное справедливо для моделей с $h = H/4$.

При (боковой) нагрузке под углом в 45° к оси зуба для моделей с $h = H/4$

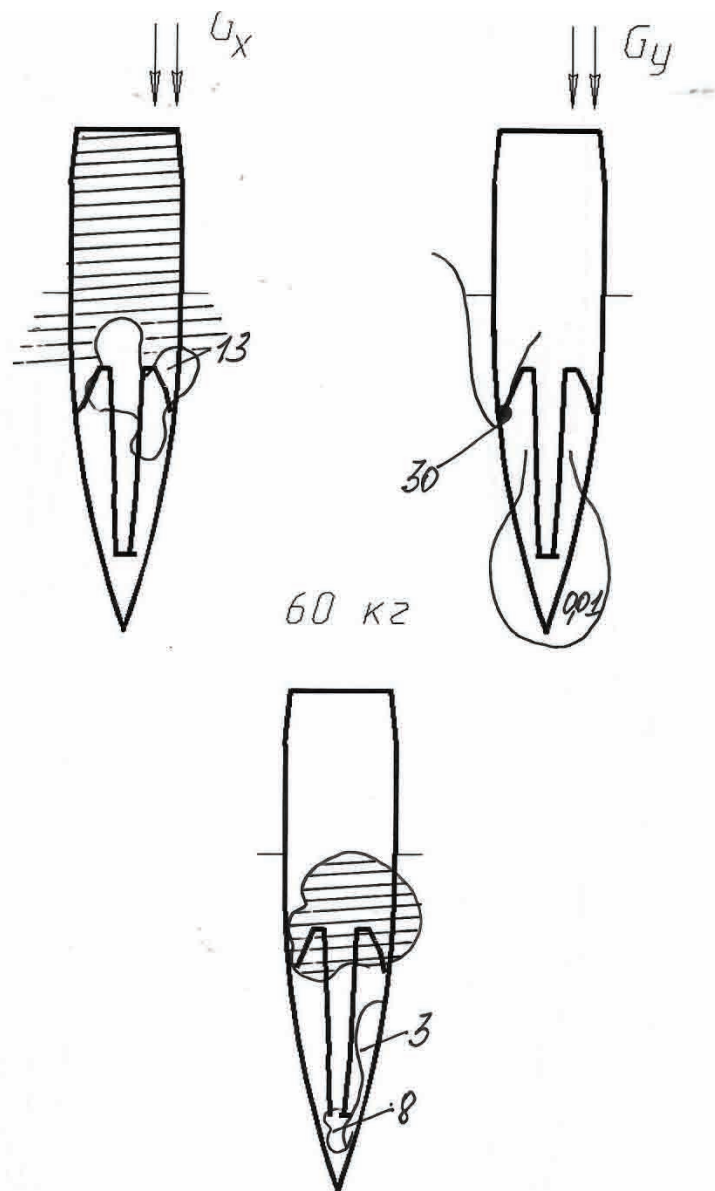


Рис. 22. Зоны напряжения, возникающие в корне зуба с литой культевой штифтовой вкладкой с «воротничком» при вертикальной несимметричной нагрузке в 60 кг (заштрихована зона сжатия)

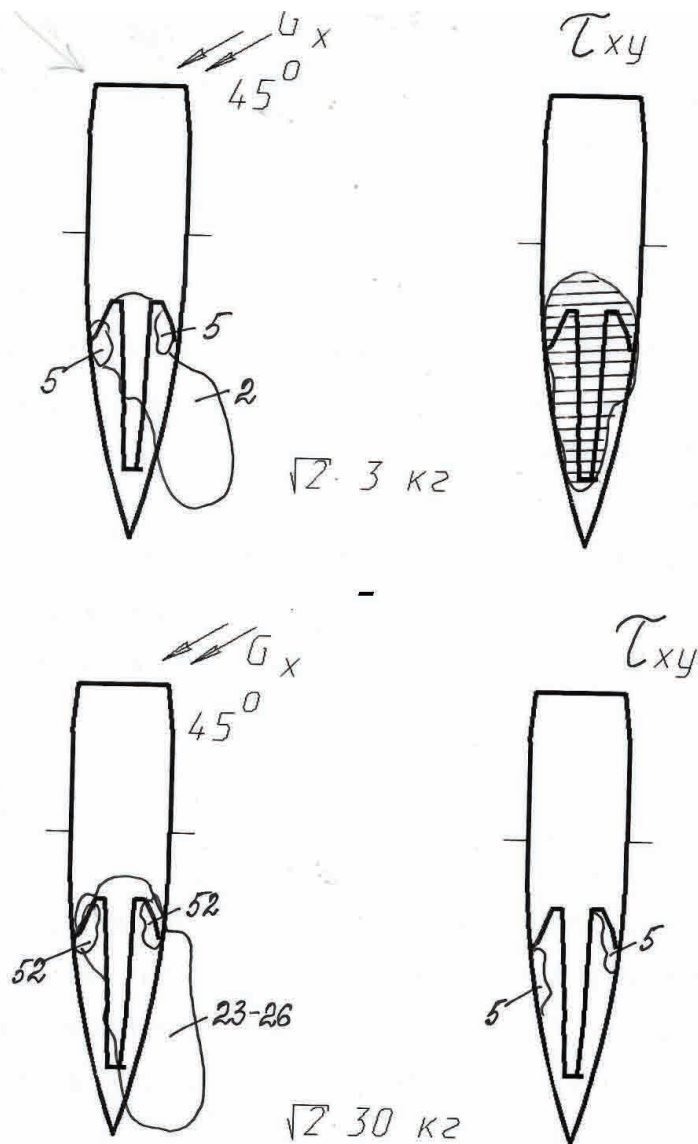


Рис. 23. Зоны напряжения, возникающие в корне зуба с литой культевой штифтовой вкладкой с «воротничком» при нагрузке под углом в 45° (заштрихована зона сжатия)

и $H/3$ в корне возникают критические напряжения $20 < \sigma_x, \sigma_y < 42$ н/мм² в районе нагрузки 20–30 кГ у стыка корня и вкладки, а также корня и штифта (см. рис. 16–20), причём хуже дело обстоит с моделью $h = H/4$. При наличии дефектов (микротрещин) в дентине корень подвержен разрушению в указанных местах.

При касательной нагрузке в 30 кГ $\sigma_x = 32$ н/мм² и точно $\sigma_{x,loc} = 62$ н/мм², а $\sigma_y = 24$ н/мм² и вокруг штифта $\sigma_y = 69$ н/мм². Таким образом, касательные нагрузки гораздо опаснее вертикальных и чреваты разрушением корня в районе стыка корня и вкладки, а также штифта (брали $h = H/3$).

4.3. Расчёты нагружения восстановленного зуба в случае штифтовой конструкции с «воротничком»

Исследовался случай, когда культя корня зуба с наружной поверхности охватывалась литой культевой штифтовой вкладкой в виде «воротничка» [8].

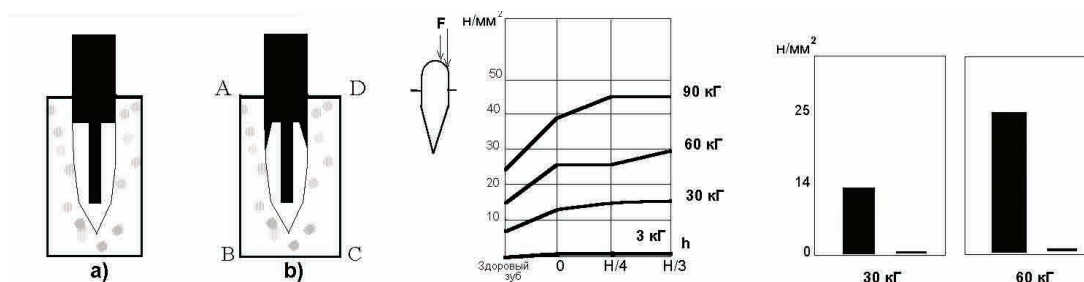


Рис. 24. Исследования вкладки с «воротничком»: слева — модель обычной вкладки и вкладки с «воротничком»; в центре — график напряжений σ_y при разных нагрузках; справа — диаграмма напряжений

Литая культевая штифтовая вкладка без охвата культи корня («стык-в-стык») при нагрузке до 30 кг не вызывала критических напряжений в сохранившемся корне. Поэтому проверяли влияние нагрузки на литую культевую штифтовую вкладку с «воротничком» после 30 кг.

При вертикальной несимметричной нагрузке в 30 кг напряжение, возникающее под влиянием литой культевой штифтовой вкладки с «воротничком», было минимальное и составляло 0,01 н/мм² (рис. 21, 22, 24).

При нагрузке в 60 кг $\sigma_y=30$ н/мм² в месте соединения «воротничка» вкладки с наружной стенкой корня зуба (рис. 22, 24).

Таким образом, при вертикальной несимметричной нагрузке литая культевая штифтовая вкладка с «воротничком» ведёт себя идеально, в корне критических нагрузок не возникает.

При наклонных нагрузках под углом 45° к оси зуба в корне возникают критические напряжения при нагрузке 42 кг в месте соприкосновения «воротничка» литой культевой штифтовой вкладки с корнем зуба ($\sigma_x=52$ н/мм²), а также корня и штифта ($\sigma_x=26$ н/мм²) (рис. 23).

Эксперименты показали, что воротничок необходимо делать под углом в 45° .

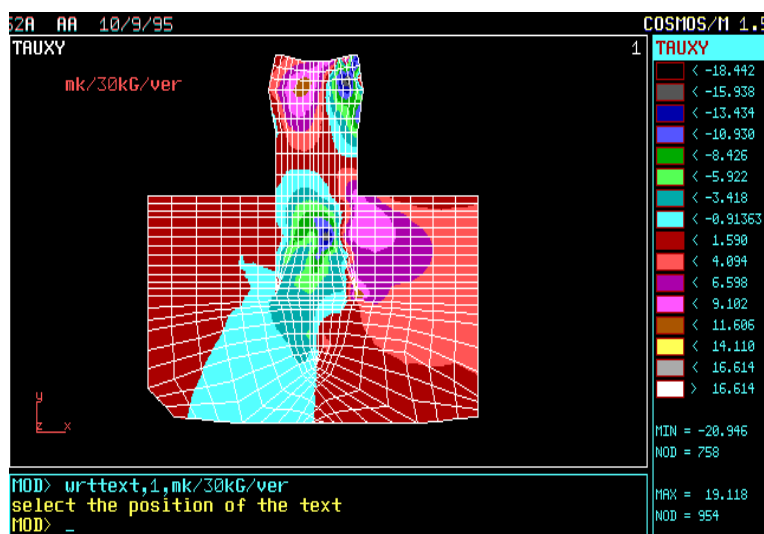


Рис. 25. Исследование вкладки с «воротничком» при вертикальной нагрузке в 30 кГ

Опираясь на положительные результаты исследований моделей с «воротничком», мы изготовили соответствующий инструмент, и за авторами было зафиксировано «Рационализаторское предложение “Способ подготовки культы корня зуба, расположенного ниже уровня десны, под штифтовые конструкции и устройство для его осуществления”» [6].

4.4. Расчёты нагружения восстановленного зуба в случае штифтовой конструкции, требующей расширения канала до 2 мм

Была создана и исследована модель восстановленного зуба в случае штифтовой конструкции, требующей расширения канала до 2 мм. Результаты показали, что следует ожидать раскола корня зуба. Статья была подготовлена, но не опубликована.

5. Заключение

На основании проведённых нами исследований (математических расчётов и наблюдений до 48 пациентов в возрасте от 20 до 40 лет со штифтовыми конструкциями и фарфоровыми коронками) можно сформулировать следующие положения:

- разрушенные корни фронтальных зубов ниже уровня десны на $1/4$ длины корня могут быть использованы в клинической стоматологии;
- $2/3$ -й опорно-удерживающего аппарата корней фронтальных зубов с восстановленной корневой и коронковой частью достаточно для полноценной функции.

Результат исследований свидетельствует, что штифтовые конструкции и фарфоровые коронки полностью отвечают эстетическим и функциональным требованиям. При правильном конструировании эти протезы не вызывают каких-либо патологических изменений в тканях пародонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копейкин В.Н. Показания и противопоказания к сохранению и удалению корней зубов // Теория и практика стоматологии. Труды ММСИ. Вып. 10. М., 1967. С. 161–167.
2. Копейкин В.Н. и соавторы. Руководство по ортопедической стоматологии. М. : Медицина, 1993.
3. Копейкин В.Н. Ортопедическое лечение заболеваний парадонта. М. : Медицина, 1977.
4. Гуц А.К., Капотина Т.Н., Панова Н.И., Семенюк В.М., Файзулин Р.Т., Яковлев К.К. Математическое обоснование к использованию корней фронтальных зубов, разрушенных ниже уровня десны, под штифтовые конструкции // Учёный совет мат. фак. ОмГУ. Деп. в ВИНТИ 21.06.95, № 1790-В95. 22 с.
5. Капотина Т.Н. Биологические и математические обоснования к использованию корней зубов, разрушенных ниже уровня десны, в клинической стоматологии. Дисс.. канд. мед. наук. Омск, 1996. Омская государственная медицинская академия. 115 с.
6. Рационализаторское предложение № 2302 от 3 октября 1995 г. «Способ подготовки культы корня зуба, расположенного ниже уровня десны, под штифтовые конструкции и устройство для его осуществления». Омск, Омская государственная медицинская академия, 28 ноября 1995 г.
7. Вагнер В.Д., Гуц А.К., Капотина Т.Н., Семенюк В.М., Яковлев К.К. Отдалённые результаты использования корней фронтальных зубов, разрушенных ниже уровня десны, в качестве опоры для штифтовых конструкций // Пути развития стоматологии: итоги и перспективы. Материалы конференции 27–27 апреля 1995 г. Екатеринбург, 1995. С. 204–206.
8. Гуц А.К., Капотина Т.Н., Панова Н.И., Семенюк В.М., Буланова Е.Л. Математическое обоснование к использованию культовой штифтовой вкладки с «воротничком» при разрушении корней зубов ниже уровня десны // Вестник Омского университета. 1996. № 2. С. 17–19.
9. Ахметьянов А.Ш., Капотина Т.Н., Семенюк В.М., Буланова Е.Л., Гуц А.К. Методические подходы при использовании корней фронтальных зубов, разрушенных ниже уровня десны, для протезирования (хирургические и терапевтические мероприятия, особенности формирования культы корня зуба и получения оттисков, технология штифтовых конструкций). Рекомендации для врачей-стоматологов, интернов и студентов. Омск: Омская гос. мед. академия, 1996. 20 с.
10. Семенюк В.М., Гуц А.К., Вагнер В.Д., Капотина Т.Н. Выносливость опорно-удерживающего аппарата зуба, восстановленного литой культовой штифтовой конструкцией, к вертикальной нагрузке // Перспективы развития современной стоматологии: проблемы уральского региона. Материалы конференции стоматологов, 20–22 мая 1997 г. Екатеринбург, Уральская гос. мед. академия, 1997. С. 211–213.

11. Семенюк В.М., Гуц А.К., Вагнер В.Д., Капотина Т.Н., Яковлев К.К., Захаров А.В., Кирющенко В.М., Ефименко А.В., Коломейцев С.Н. Методические подходы к использованию корней зубов, разрушенных ниже уровня десны, в качестве опоры под штифтовые конструкции // Панорама ортопедической стоматологии. 2001. № 4. С. 34–35.
12. Семенюк В.М., Путалова И.Н., Артюхов А.В., Сырцова А.В., Гуц А.К. Применение метода конечных элементов в стоматологии (обзор литературных источников) // Математические структуры и моделирование. 2002. Вып. 9. С. 113–123.

**MATHEMATICAL JUSTIFICATION FOR THE USE OF THE ROOTS
OF THE ANTERIOR TEETH, DESTROYED BELOW THE GUM LEVEL,
FOR PIN STRUCTURES**

A.K. Guts¹

Dr.Sc. (Phys.-Math.), Professor, e-mail: guts@omsu.ru

T.N. Kapotina²

assistant, e-mail: fs@omsu.ru

N.I. Panova¹

student, e-mail: fs@omsu.ru

V.M. Semenyuk²

D.Sci (Medicine), Professor, e-mail: fs@omsu.ru

K.K. Yakovlev²

stomatologists, e-mail: fs@omsu.ru

¹Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia

²Omsk State Medical Academy, Omsk, Russia

Abstract. The purpose of the work is a mathematical justification for the use of pin structures for restoration of the crown part of the tooth in case of destruction of the root of the anterior teeth below the level of the gums by 1/4 and 1/3 of its length. For this, a mathematical computer model of a tooth with a steel insert was created and computer experiments were carried out to clarify the stress-strain states of a tooth with an insert that under a load of 3, 30, 60 and 90 kg. Based on our research (mathematical calculations and observations of up to 48 patients aged 20 to 40 years with pin structures and porcelain crowns), the following provisions can be formulated: 1) destroyed roots of anterior teeth below the level of the gums by 1/4 of the root length can be used in clinical dentistry; 2) 2/3 of the supporting-retaining apparatus of the roots of the anterior teeth with the restored root and coronal part is sufficient for full function

Keywords: mathematical justification, computer model, pin construction, tooth root destruction.

REFERENCES

1. Kopeikin V.N. Pokazaniya i protivopokazaniya k sokhraneniyu i udaleniyu kornei zubov. Teoriya i praktika stomatologii. Trudy MMSI. Vyp. 10. M., 1967. pp. 161–167. (in Russian)

2. Kopeikin V.N. i soavtory. Rukovodstvo po ortopedicheskoi stomatologii. Moscow, Meditsina, 1993. (in Russian)
3. Kopeikin V.N. Ortopedicheskoe lechenie zabolevani paradonta. Moscow, Meditsina, 1977. (in Russian)
4. Guts A.K., Kapotina T.N., Panova N.I., Semenyuk V.M., Faizulin R.T., and Yakovlev K.K. Matematicheskoe obosnovanie k ispol'zovaniyu kornei frontal'nykh zubov, razrushennykh nizhe urovnya desny, pod shtiftovye konstruksii. Uchenyi sovet mat. fak. OmGU, Dep. v VINITI. 21.06.95, no. 1790-B95. 22 p. (in Russian)
5. Kapotina T.N. Biologicheskie i matematicheskie obosnovaniya k ispol'zovaniyu kornei zubov, razrushennykh nizhe urovnya desny, v klinicheskoi stomatologii. Diss. kand. med. nauk. Omsk, 1996, Omskaya gosudarstvennaya meditsinskaya akademiya, 115 p. (in Russian)
6. Ratsionalizatorskoe predlozhenie no. 2302 ot 3 oktyabrya 1995 g. "Sposob podgotovki kul'ti kornya zuba, raspolozhennogo nizhe urovnya desny, pod shtiftovye konstruksii, i ustroistvo dlya ego osushchestvleniya". Omsk, Omskaya gosudarstvennaya meditsinskaya akademiya, 28 noyabrya 1995 g. (in Russian)
7. Vagner V.D., Guts A.K., Kapotina T.N., Semenyuk V.M., and Yakovlev K.K. Otdalennye rezul'taty ispol'zovaniya kornei frontal'nykh zubov, razrushennykh nizhe urovnya desny, v kachestve opory dlya shtiftovykh konstruksii. Puti razvitiya stomatologii: itogi i perspektivy, Materialy konferentsii 27–27 aprelya 1995 g, Ekaterinburg, 1995, pp. 204–206. (in Russian)
8. Guts A.K., Kapotina T.N., Panova N.I., Semenyuk V.M., and Bulanova E.L. Matematicheskoe obosnovanie k ispol'zovaniyu kul'tevoi shtiftovoi vkladki s "vorotnichkom" pri razrushenii kornei zubov nizhe urovnya desny. Vestnik Omskogo universiteta, 1996, no. 2, pp. 17–19. (in Russian)
9. Akhmetyanov A.Sh., Kapotina T.N., Semenyuk V.M., Bulanova E.L., and Guts A.K. Metodicheskie podkhody pri ispol'zovanii kornei frontal'nykh zubov, razrushennykh nizhe urovnya desny, dlya protezirovaniya (khirurgicheskie i terapevticheskie meropriyatiya, osobennosti formirovaniya kul'ti kornya zuba i polucheniya ottiskov, tekhnologiya shtiftovykh konstruksii). Rekomendatsii dlya vrachei-stomatologov, internov i studentov, Omsk, Omskaya gos. med. akademiya, 1996, 20 p. (in Russian)
10. Semenyuk V.M., Guts A.K., Vagner V.D., and Kapotina T.N. Vynoslivost' oporno-uderzhivayushchego apparata zuba, vosstanovlennogo litoi kul'tevoi shtiftovoi konstruksiei, k vertikal'noi nagruzke. Perspektivy razvitiya sovremennoi stomatologii: problemy ural'skogo regiona, Materialy konferentsii stomatologov, 20–22 maya 1997 g., Ekaterinburg, Ural'skaya gos. med. akademiya, 1997, pp. 211–213. (in Russian)
11. Semenyuk V.M., Guts A.K., Vagner V.D., Kapotina T.N., Yakovlev K.K., Zakharov A.V., Kiryushchenko V.M., Efimenko A.V., and Kolomeitsev S.N. Metodicheskie podkhody k ispol'zovaniyu kornei zubov, razrushennykh nizhe urovnya desny, v kachestve opory pod shtiftovye konstruksii. Panorama ortopedicheskoi stomatologii, 2001, no. 4, pp. 34–35. (in Russian)
12. Semenyuk V.M., Putalova I.N., Artyukhov A.V., Syrtsova A.V., and Guts A.K. Prime-nenie metoda konechnykh elementov v stomatologii (obzor literaturnykh istochnikov). Matematicheskie struktury i modelirovanie, 2002, Vyp. 9, pp. 113–123. (in Russian)

Дата поступления в редакцию: 11.12.2021