

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО
И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
КИЕВСКИЙ
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

О Л Е Н Ю К
Юрий Ришардович

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПОВЕРХНОСТЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИМЕНительно
К ЗАДАЧАМ ОСТЕОСИНТЕЗА

05.01.01 — Прикладная геометрия и инженерная графика

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

К И Е В — 1991

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ. В директивных документах совзаного правительства и правительства СССР намечена программа по обновлению экономики страны, всестороннему улучшению качества жизни людей. Среди основных направлений развития народного хозяйства указывается на обеспечение всемерного ускорения научно-технического прогресса с повсеместным применением его результатов. Повышение эффективности внедрения теоретических исследований в конечном итоге зависит от степени интеграции различных отраслей науки.

Примером такого взаимодействия может служить здравоохранение и создание медицинской аппаратуры, в процессе которого учитываются как результаты исследований сложного человеческого организма, так и достижения в области физики, химии и математики. Развитие математических наук способствует качественным изменениям традиционных методов диагностики и лечения. Так, широкое внедрение вычислительной техники привело к возмужению новой отрасли знания — вычислительной диагностики, позволяющей обрабатывать множество данных для определения оценки различных заболеваний и процессов. В настоящее время с успехом применяется компьютерная томография, математические задачи которой сводятся к решению некорректно поставленных операторных уравнений 1-го рода. Примером успешного сотрудничества ученых различных специальностей может служить исследование поверхности сердца и кровеносных сосудов методами дифференциальной геометрии.

Определяющая роль математики в медицинских исследованиях объясняется разнообразием методов анализа и прогнозирования, которые используются для создания разноплановых моделей, способных описать те или иные явления и решить задачи оптимальным образом.

До настоящего времени не ставился вопрос о способе функционального отображения поверхностей составных частей скелетного аппарата. Формообразование из кожной ткани, входящие в состав опорно-двигательного аппарата и выполняющие функцию передачи усилий, характеризуются сложной поверхностью, существенной анизотропией, нелинейностью поведения. Их изучение стало возможным лишь при наличии мощной вычислительной техники и новых численных методов. Создание информационной модели биосферы на поле отображения может быть использовано для решения метрических и других, связанных с исследуемой поверхностью задач, например, проблемы остеосинтеза.

Работа выполнена в Киевском ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строительном институте.

Научный руководитель кандидат технических наук, доцент Харченко А.И.

Научный консультант кандидат медицинских наук, доцент Заслоцкий И.Р.

Официальные оппоненты доктор технических наук, профессор Подкорытов А.Н.;

кандидат технических наук, доцент Ковалев Ю.Н.

Ведущая организация 8-ая городская клиническая больница г. Львова.

Защита состоится "...." 1991 г. в час. на заседании специализированного совета Д 068.05.03 в Киевском ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строительном институте по адресу: 252037, г. Киев, Воздухофлотский проспект, 31, аудитория 319.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского инженерно-строительного института.

Автореферат разослан "...." 1991 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета

В.А. Плоский

Остеосинтез, как теоретическая и практическая сфера деятельности, является областью медицины, которая направлена на восстановление поврежденных костных тканей человека. Задача остеосинтеза с геометрической точки зрения состоит в создании оптимальной пространственной схемы соединения костных отломков.

О целесообразности проведения исследований в данной области свидетельствует зависимость успеха проведения остеосинтеза от квалификации врача, т. е. от субъективного фактора. Применение математических методов анализа остеосинтеза позволит произвести оптимизацию процесса и исключить непредвиденные исходы. Так как операция представляет собой единое целое, то исследования должны охватывать весь комплекс проблем, возникающих при решении данной проблемы. Сюда необходимо отнести следующие алгоритмы:

- создание модели предмета исследований - поверхности тела из костной ткани;
- пространственную схему процесса остеосинтеза, основанную на модели биоформы и модели восстановления разрушенной поверхности.

Внешний анализ заданных условий и требований показал, что поставленные проблемы необходимо решать на основе единого алгоритма, связанного с геометрической моделью поверхности биоформы как предмета исследований.

Цель работы - создать теорию и алгоритмы геометрического моделирования поверхностей биоформ из костной ткани, отвечающих требованиям остеосинтеза.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие теоретические и практические геометрические задачи:

- предложить способ отображения поверхностей биоформ;
- разработать алгоритм построения двухмерных изображений неэквидиментальных поверхностей и создать модель биоформ из костной ткани;
- разработать способ пересечения поля отображения для полученной модели;
- создать модели формообразования при росте биоформы из костной ткани;
- разработать алгоритм восстановления разрушенной поверхности применительно к процессу остеосинтеза;
- внедрить результаты исследований в клиническую практику и предложить конструкции устройств для остеосинтеза.

Методика исследований. Реализация поставленных задач осуществлена на основе использования и развития методов аналитической, дифференциальной, начертательной геометрии, линейной алгебры, вычислительной математики и машинной графики.

Теоретической базой проведенных исследований явились работы:

- в области исследования поверхностей биоформ - Брандта В., Кащенко А.В., Лебедева Ю.С., Мухайленко В.Е.;
- в области теории проектирования - Кобко В.П., Колодова С.Н., Обуховой В.С., Подгорного А.Л., Седлецкой Н.И.;
- в области геометрического моделирования криволинейных поверхностей - Выгодского М.Я., Котова Н.И., Ковалева С.Н., Мухайленко В.Е., Найдиша В.М., Осипова В.Е., Павлова А.В., Подкоритова А.Н., Рыкова Н.Н., Стародетко Е.А., Филипова П.В., Харченко А.И.;
- в области машинной графики - Анпилоговой В.А., Горелка А.Г., Зозулевича Д.Н., Гилого В., Ньмена Х., Павличиса Т., Роджерса Д., Сазонова К.А.;
- по общим вопросам биомеханики, остеологии, ортопедии, антропологии - Алексеева В.П., Бранкова Г., Бреймана М.Я., Бунака В.В., Гинзбурга В.В., Илизарова Г.А., Николаева Л.П., Образцова Н.Ф., Темнова В.Г., Амальгаузена И.И., Янсона Х.А.

Научная новизна исследований, выполненных в диссертационной работе, состоит в следующем:

- разработан способ отображения сложных формообразований на цилиндрические поверхности;
- разработана модель поверхности сложной формы;
- предложены графический и аналитические способы пересечения поля отображения на основе полученной модели поверхности;
- предложен способ определения местоположения фрагментов твердого тела в заданном пространстве;
- разработана геометрическая модель проведения процесса остеосинтеза, предусматривающая графический вывод результатов для диагностики.

Практическая ценность выполненных исследований состоит в том, что изложенные принципы проектирования на цилиндрические поверхности с последующей условной разверткой элементов образа, а также способ пересечения поля отображения позволили разработать модель поверхности сложной формы. На основе качественной и количественной оценки объектов биологического происхождения получены алгоритмы восстановления таких поверхностей. Это позволяет произ-

водить оптимизацию процесса остеосинтеза за счет повышения информативности обследования врача.

Предложенные методы анализа поверхности могут быть применены при проектировании нестандартных конструкций.

На защиту выносятся:

- способ отображения сложных формообразований на цилиндрические поверхности;
- разработанная модель поверхности сложной формы;
- алгоритм пересечения поля отображения на основе полученной модели поверхности;
- способ определения местоположения фрагментов твердого тела в закрытом пространстве;
- геометрическая модель процесса остеосинтеза, предусматривающая динамику с помощью графического вывода результатов.

Реализация работы. Результаты исследований апробированы при лечении на базе 8-й городской больницы г. Львова. На основе полученных моделей автором предложен способ остеосинтеза, который рекомендован для внедрения в медицинскую практику Киевским научно-исследовательским институтом ортопедии и МЗ УССР.

На основе проведенных исследований оформлены во ВНИИЦО две заявки на изобретения, по которым получены положительные решения.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на Республиканской научно-технической конференции (Ровно, 1990 г.), научно-практических конференциях молодых ученых и специалистов КИСИ (Киев, 1987-1990 гг.).

Объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы из 125 наименований, приложений и содержит 115 страниц машинописного текста, 53 рисунка.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования, выполнен анализ опубликованных работ и состояния вопроса по отображению поверхностей биформ из костной ткани. Сформулированы цель и задачи настоящей работы, ее научная новизна и практическая значимость, а также изложены сведения о структуре и объеме работы.

В первой главе освещен алгоритм разработки геометрической модели биформ из костной ткани, которые отнесены к конечным объектам со сложной поверхностью. Усовершенствован способ отображения на торсовне, в частности, цилиндрические поверхности, с использованием принципов осевого проектирования и алгоритмов перехода к новому носителю проекции.

На начальном этапе исследования поверхность биформ рассмотрена как неизвестная, поэтому классифицирована как неакономерная. Такой подход оправдан тем, что закономерность поверхности в случае ее наличия определяется в ходе исследования, а в случае ее отсутствия останутся верными алгоритмы отображения. Согласно принятому принципу, положительным результатом следует считать также вывод об отсутствии порядка расположения элементов, который присущ закономерным поверхностям.

При формировании аппарата отображения задача поставлена следующим образом: закономерность расположения элементов поверхности найдется с помощью правильно выбранной системы отображения.

Принцип, который использовал автор настоящей работы, таков: конкретный случай рассматривается в обобщенной системе проектирования, а затем от обобщенной системы, задав необходимые критерии, производится переход к конкретной системе проектирования для отображения биформы из костной ткани.

Один из возможных алгоритмов исследования - построение модели восприятия внешней нагрузки и нахождения функционалов - может быть выполнен с помощью системы отображения. При таком подходе логически оправдано рассматривать геометрическую интерпретацию силы как вектора, а вектора - как луча проектирования. Для такой условности закономерной выглядит ранее принятая система отображения для топографической поверхности, в которой формирование земной поверхности происходит под влиянием распределенной, однонаправленной нагрузки и соответствующие изображения получают в результате параллельного проектирования. В случае биформы из костной ткани превалирует сосредоточенная нагрузка вдоль оси, о чем свидетельствует наличие природных шарнирных соединений - суставов, и по соответствующему принципу логически оправдано предложить систему отображения. Повлему осевого проектирования использовано как метод для геометрического отображения биформы из костной ткани.

Тройное осевое проектирование дает однозначное отображение

объекта на плоскости. Топографическую карту с числовыми отметками можно рассматривать как результат проецирования трех пучков плоскостей на плоскость и на прямую, к ней перпендикулярную. Со- гласно существующей схеме, предложенной В.С. Обуховой, три оси находятся в бесконечности, одна из которых создает систему отсче- та на прямой, две другие, взаимно перпендикулярные - сетку на по- ле отображения для отсчета параметров.

Автором настоящей работы предложена следующая трансформация существующей системы проецирования. Одна из осей пучка плоскостей OO_1' (рис. 1) переносится на конечное расстояние. Вместе с дру- гой осью OO_1'' , которая остается в бесконечности, перенесенной осью создается двухпараметрическое множество лучей проецирования. Для сохранения одинакового условия направления лучей к полю ото- бражения необходимо выбрать соответствующий носитель проекции. Таким условием соответствует цилиндрическая поверхность ρ , при- нимая во внимание наличие пучка плоскостей, каждая из которых должна быть ортогональной носителю проекций. В общем случае для поля отображения можно выбрать другие торсовые поверхности. Кроме того, третий пучок плоскостей OO_1'' должен соответствовать условию перпендикулярности лучу проецирования, и поэтому необхо- димо задать в алгоритме создания аппарата вращения пучка в соот- ветствии с изменением параметра угла для луча проецирования.

На выбор ориентации носителя проекции - цилиндра для обрабо- жения объекта Ω накладываются условия:

$$V_{\Omega} \leq R \wedge V_{\rho} \leq R \quad \text{при } R \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\Omega \cap \rho = L \rightarrow \min \quad (2)$$

где V_{Ω}, V_{ρ}, L - подмножество пространства, общее для Ω и ρ ; V_{Ω}, V_{ρ}, L - объемы, занимаемые Ω и ρ , соответственно; $\Omega \cap \rho$ - линия пересечения Ω и ρ .

Условия (1) и (2) можно представить в виде:

$$V(z) \left\{ \sqrt{(X_m - X_{m+t})^2 + (Y_m - Y_{m+t})^2} > 2r \right\} \wedge \frac{X_0 - X_m}{X_{m+t} - X_m} = \frac{Y_0 - Y_m}{Y_{m+t} - Y_m} \quad (3)$$

$$V(z) \left[\sqrt{(X_m - X_{m+t})^2 + (Y_m - Y_{m+t})^2} < 2r \right] \quad (4)$$

где $X_m, Y_m; X_{m+t}, Y_{m+t}$ - координаты точек на поверхности Ω ; X_0, Y_0 - координаты точек на поверхности цилиндра радиуса r .

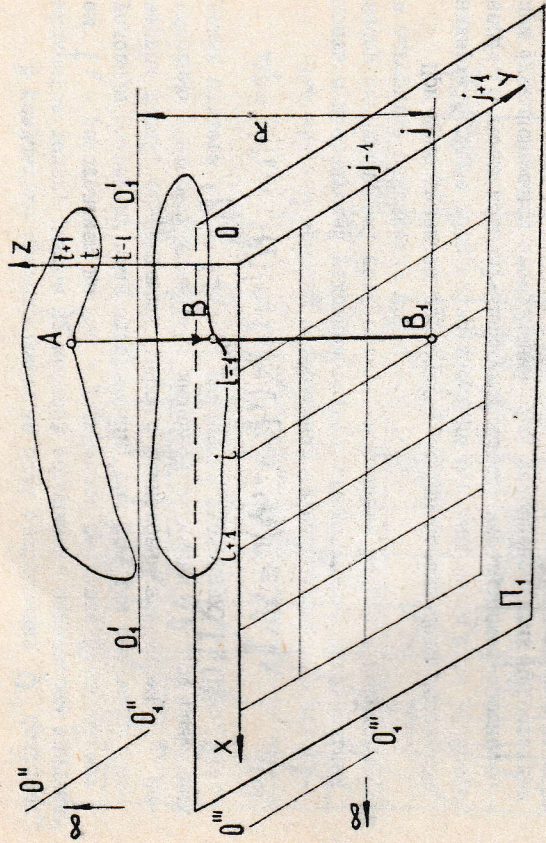


Рис. 1

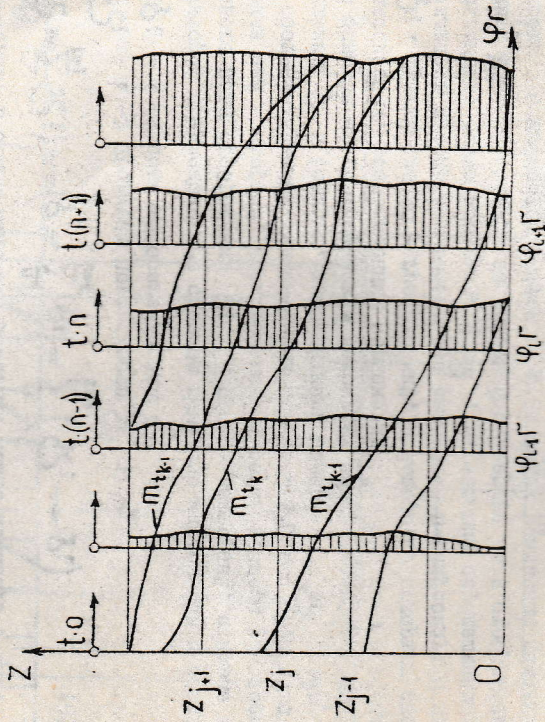


Рис. 2

В результате проецирования на поле отображения ρ получают множества точек, каждое из которых объединено одинаковым значением t_k - расстоянием до Ω . Дальнейшее действие предполагает условную развертку поля отображения, так как для получения разверток линий, объединяющих точки с одинаковым значением t_k , необходимо учитывать изменение линейной величины $\Delta\rho$ при различных углах отсчета φ_i ; φ_{i+n} и различных значениях t_k (рис. 2):

$$\Delta\rho = (\varphi_{i+n} - \varphi_i)(r + t_i) - (\varphi_{i+n} - \varphi_i)r = \varphi_n t_k \quad (5)$$

Так как сам принцип отображения на цилиндрическую поверхность с последующей условной разверткой допускает произвольный выбор оси цилиндра, естественно, возникает вопрос о необходимости и алгоритме нахождения новой оси.

При использовании двумерной модели поверхности может возникнуть большое количество изолиний при выбранном шаге дискретизации, а также наличие замкнутых линий, что вызывает сложности при функциональном отображении. Для устранения этих недостатков предлагается варьирование положением системы отображения ρ и, в конечном итоге, представление поверхности Ω , отобранной на n цилиндров. В общем виде это действие можно показать в виде:

$$(\Omega = \sum_{i=1}^n \Omega_i) \rightarrow (\rho = \sum_{i=1}^n \rho_i) = \sum_{i=1}^n (\Omega_i \rightarrow \rho_i) \quad (6)$$

где Ω_i - i -й фрагмент поверхности Ω ;
 ρ_i - i -е поле отображения для Ω_i .

Автором предложено три способа передачи информации и создания нового поля отображения ρ_i . Первый - векторный, основан на действиях над векторами, представляющими собой векторы расстояния между соответствующими узлами сеток на новом ρ_i и старом поле отображения ρ и точками, инцидентными поверхности Ω . Второй способ основан на аналитических действиях над линейными величинами в плоскостях, расположенных перпендикулярно оси поля отображения ρ_i . Третий способ - графический, в алгоритме содержит свойство эллипсов преобразовываться при развертке в синусоиду. С целью объединить точки поверхности Ω , отвечающие определенному значению Z_i , необходимо на условной развертке поля отображения ρ построить множество синусоид, отвечающих различным значениям t . При дискретном перемещении множества синусоид параллельно оси Z_i формируется поле отображения поверхности Ω по необходимым

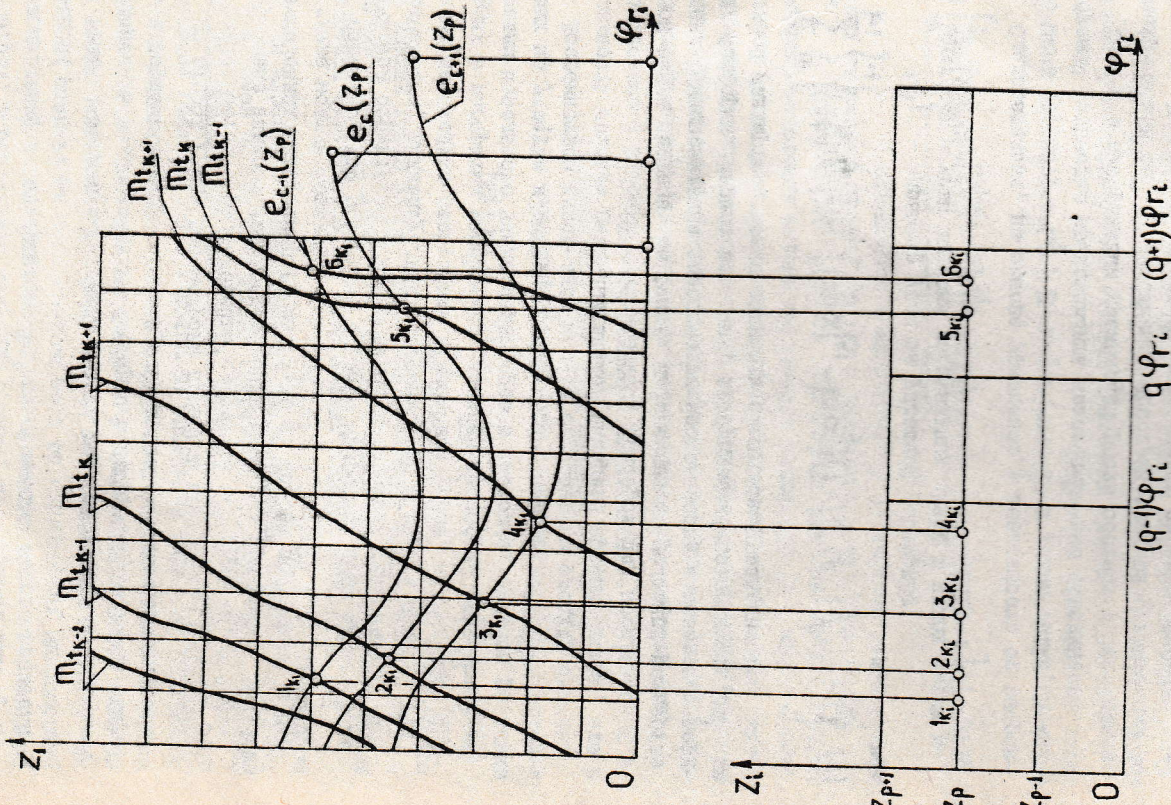


Рис. 3

параметрам. В результате получаем данные, необходимые для проведения изолиний на поверхности Σ относительно нового носителя проекций (рис. 3).

Решение задачи о создании нового поля отображения позволяет моделировать взаимодействия биоформы с нагрузкой, а также создавать алгоритмы технологии воспроизводства сложных поверхностей.

Во второй главе рассмотрены принципы нахождения функциональных зависимостей в расположении элементов поверхности, а также отображение законов формообразования биоформы при росте. Создание перечисленных алгоритмов произведено на основе полученной в первой главе модели объекта.

Известно, что различные образцы природных форм одного вида отличаются структурными изменениями вследствие генетической обусловленности, индивидуальных особенностей и других причин. Эти отличия необходимо отобразить в числовой форме, позволяющей вводить их в алгоритмы машин. Для изолиний способом, отвечающим условиям небольшого числа параметров и гибкости, принята разбивка кривых на участки и аппроксимация их полиномами второго порядка.

Достоинством какой-либо модели отображения следует считать возможность создать реальный аналог аппарата проектирования, что и было сделано с помощью измерительных приборов для предложенной в первой главе системы. На основе информации по условной развертке найдены функциональные зависимости расположения элементов поверхности биоформы. Каркас изолиний, отображающей поверхность Σ на условной развертке, можно записать следующими уравнениями:

$$Z = \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m [(r+t) \varphi_j + t g \alpha_j + [t g \alpha_j + (r+t) \varphi_j] / 2 \varphi_j(r+t)] \quad (7)$$

где φ_j - параметр угла на условной развертке;
 $t g \alpha_j, t g \alpha_{j+1}$ углы наклона касательных линий в узлах сетки по параметру φ

Следовательно, на основе уравнения, в зависимости от выбранного шага параметров φ, Z и величины t в узлах сетки, можно с требуемой точностью представлять незакономерные поверхности.

Задача в отображении проявлений роста состоит в нахождении геометрической оценки усложнений пространственной организации поверхности. Процесс роста можно представить по двум основным ха-

рактистикам - скалярный и векторный. Скалярный характеризуется равномерным увеличением по всем направлениям клеточного материала. Условная развертка, как модель биоформы, позволяет легко выполнять такое преобразование, как растяжение, что позволяет проводить вычисления поверхности на требуемую величину и направление. Векторные изменения производятся посредством векторного растяжения или сдвига поля отображения или перемещения отдельных линий условной развертки. Двухмерная модель позволяет наглядно передавать пространственные изменения поверхности при формообразовании с помощью параметров.

Для получения гибкого инструмента для отображения преобразований поверхности при росте рассмотрена геометрическая и аналитическая интерпретация локальных изменений. Общую схему данных преобразований можно представить в виде:

$$(\Sigma \rightarrow P_\alpha) + P_\alpha \Leftrightarrow (\Sigma + \Omega_1) \rightarrow P_\Omega + \Omega_1 \quad (8)$$

где Ω_1 - локальный прирост поверхности -;

P_Ω - отображение начальной поверхности;

$P_\Omega \cdot \Omega_1$ - отображение конечной поверхности.

Для отображения видоизмененной поверхности, происходящих в определенных границах и в абсолютном режиме, использована модель трансформируемой конгрууи. На примере однополостного гиперболоида, структурные элементы которого без изменений своей длины перемещаются в пространстве аналогично частям некоторых биоформ, найдены функциональные зависимости таких трансформаций.

Изменение высоты конгрууи ΔR от прокручивания на угол α направляющей окружности r находится в зависимости:

$$\Delta R = R \left\{ 1 - \cos \left[2 \arcsin \sqrt{1/2 \pm \sqrt{R^2 - 4r^2 \sin^2 \alpha/2}} / 2R \right] \right\} \quad (9)$$

Такое преобразование хорошо наблюдается при изображении гиперболоида на условной развертке.

Для полной оценки изменения величины трансформируемой конгрууи найдены зависимости, отображающие величину параметров α_i, b_i при дискретном изменении образующих-гиперболоидов:

$$\alpha_i = r \cdot \cos(\alpha/2), \quad b_i = \sqrt{R^2 - 4r^2 \sin^2(\alpha/2)} / 2t g(\alpha/2) \quad (10)$$

В третьей главе разработаны теоретические основы восстановления разрушенной биоформы из фрагментов поверхности. На основе рассмотренной в первой и второй главах двумерной модели и ее изменений создан алгоритм нахождения величины необходимых перемещений при проведении остеосинтеза. Определены местоположения фрагментов кости рассматривается как геометрическая задача, в которую введены начальные данные числовой характеристики поверхности твердого тела и его ориентации в пространстве.

Одним из элементов определения местоположения является направление степени ротации фрагментов кости. В алгоритм решения входит отображение поворота кости вокруг собственной оси, которое можно проследить на условной развертке поверхности (рис. 4). При повороте изолинии перемещаются дискретно параллельно оси φr . Величина шага перемещений выбирается в зависимости от требуемой точности. После проведения сплн, согласно методике остеосинтеза, становятся известными координаты точек поверхности в пространстве на расстояния L_1, L_2, L_3, L_4 от фиксированного значения. Так как поверхность биоформы находится внутри закрытого пространства, необходимо найти ориентацию сечения, которому инцидентны известные точки. Определение ротационного поворота φ сводится к решению системы уравнений:

$$\begin{cases} t_1 = f_1(\varphi) \\ t_2 = f_2(\varphi) \\ d_{1,2} = k_{\varphi} f_1(\varphi), f_2(\varphi) \end{cases} \quad (II)$$

где t_1, t_2 — функции изменения t_1, t_2 изолиний в промежутке возможных отклонений от угла φ при значениях L_1, L_2 ;

$d_{1,2}$ — расстояние между известными точками 1, 2.

Для определения плоскопараллельных перемещений предложен алгоритм, в основе которого лежит сравнительная оценка линейных величин на карте изолиний.

Необходимость обработки большого количества информации при медицинских и технических аспектах остеосинтеза обуславливает использование в операционной палате вычислительной техники. В комплексе решаемых с помощью ЭВМ задач входит: создание алгоритма действий, позволяющего моментально решать задачи, ознаменование с ре-

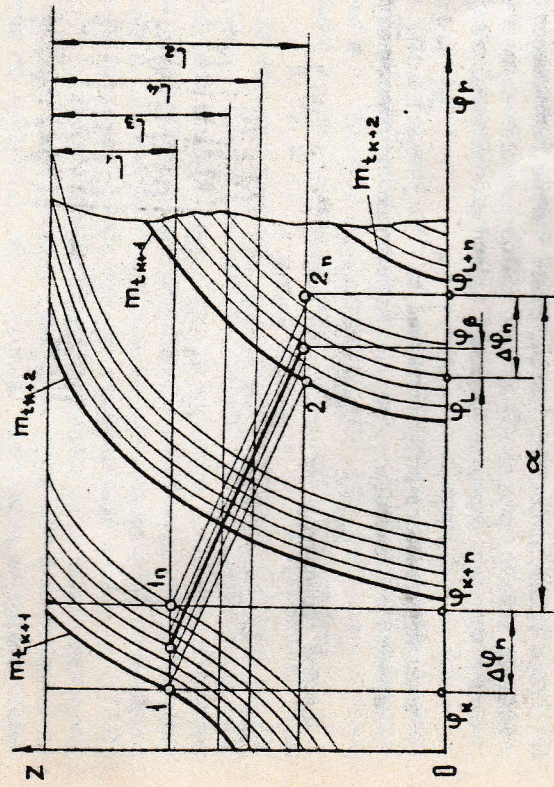


Рис. 4

коменциями для действий в критических ситуациях, определение потребности при сопоставлении отломков и многие другие. Вопрос точности при остеосинтезе решен с помощью задания геометрических условий возможных отклонений поверхности и введения их в алгоритм определения положения сечения. Общее уравнение задания погрешностей и нахождения отклонений имеет вид:

$$\begin{aligned} F_1(x) \cap f_1(x) & \rightarrow e f f_1(x) \\ F_1(x) \cap f_2(x) & \rightarrow e f f_2(x) \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} F_2(x) \cap f_1(x) & \rightarrow e f f_1(x) \\ F_2(x) \cap f_2(x) & \rightarrow e f f_2(x) \end{aligned}$$

где $f_1(x), f_2(x)$ - зависимости для эквидистантных кривых вне и внутри сечения;
 $F_1(x), F_2(x)$ - кривые скольжения треугольников, образованных известными точками.

Для нахождения ориентации сечения составлена программа на языке Turbo Pascal с реализацией на персональном компьютере IBM, PC.

В диссертационной работе изложены основные принципы использования ЭВМ в процессе остеосинтеза. Организация данных программного обеспечения должна удовлетворять ряду требований: обеспечение возможности выделения части изображения, дополнение и исключение элементов, формирование из отдельных элементов образов и их трансформация, предложение пользователю способов записи в виде, как можно более удобном для восприятия. Для выполнения последнего требования рекомендуется диалоговая подпрограмма R-cube, позволяющая с помощью компьютерной анимации отображать фрагменты кости и окружающие их мягкие ткани.

В настоящее время имеет место тенденция к дальнейшей специализации к медицине, поэтому преимуществу будет иметь та программа, которая составлена для четко определенных целей. Кроме того, появление новых языков и трансляторов способствует дальнейшей оптимизации программного обеспечения и, как следствие, достижению гарантированного положительного успеха при проведении остеосинтеза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, выполненные в диссертационной работе, направлены на совершенствование методов отображения и создание моделей поверхностей биформ. Выполненные обобщения на основе объекта исследования поверхности из костной ткани методами прикладной геометрии позволили предложить геометрическую интерпретацию процесса восстановления разрушенной биформы. Основные теоретические и прикладные результаты исследований сводятся к следующему.

1. На основе существующего осевого проецирования предложено отображение формобразований на торсовне поверхности и проведена оценка параметров процесса проецирования на цилиндрические поверхности. Критерием выбора поля отображения принята способность к развертываемости, что позволяет производить линейные измерения при исследовании сложных поверхностей. Показаны свойства данного вида проецирования.

2. Разработана модель представления незакономерных поверхностей, позволяющая находить функциональные зависимости в расположении геометрических элементов. Предложен способ условной развертки, позволяющий создать плоскостную модель поверхности, которая отвечает 1-й квадратичной форме.

Применение изложенного способа может быть распространено не только на исследование поверхностей биформ, но и на изготовление технических изделий, таких как турбинные лопасти, гребные винты, сложные инструменты и др.

3. Для созданной модели поверхности предложен принцип решения задачи исходных данных в зависимости от требований биомеханики или технологии изготовления. При изменении условий расположения базовой поверхности рассмотрены принципиально различные алгоритмы формирования нового поля отображения. Сделано качественное сравнение аналитического, графического и векторных способов пересечения поверхности.

4. Предложена модель формобразования поверхностей на основе условной развертки, в которой пространственные изменения при развертке отображаются с помощью упорядоченных параметров. Сделан анализ локальных преобразований поверхностей.

5. Показана зависимость между элементами биформы, способной к периодическим амплитудным преобразованиям. Отображение подыменового однополостного гиперболоида с помощью условной развертки по-

звело производить линейные измерения пространственных изменений трансформируемой биоформы. На основе названных теоретических исследований поданы две заявки на изобретения, по которым получены положительные решения.

6. Предложен способ и выведены зависимости для определения координат точек на поверхности биоформы в условиях недостатка данных. На основе теоретических исследований по определению местоположения фрагментов поверхности из костной ткани предложены алгоритмы по проведению остеосинтеза.

7. Предложена геометрическая модель процесса восстановления поверхности, позволяющая на основе существующих в медицине аппаратов производить качественную и количественную оценку процесса остеосинтеза. Найденные соотношения позволили производить диатнострование при переломах, а также находить оптимальное решение в процессе лечения. Разработанный способ послужил основой для создания рекомендаций по проведению остеосинтеза. Применение предложенных способов в практической медицине одобрено Киевским НИИ ортопедии и Ученым медицинским советом Минздрава УССР.

8. Предложены принципы применения персональных компьютеров при проведении остеосинтеза. Решена задача точности при восстановлении биоформы из костной ткани. На основе предложенных алгоритмов составлена программа для нахождения с помощью ЭВМ количественных оценок остеосинтеза.

К перспективам дальнейшего развития выполненных исследований относятся вопросы: проецирование на другие криволинейные поверхности, как на развертываемые, так и неразвертываемые; усовершенствование отображения сложных поверхностей на торсовые поверхности на основе выдвигаемых требований к создаваемой модели формообразования; доскональное изучение пространственных перемещений конечностей, что сделает возможным создавать совершенные искусственные аналоги в области протезирования.

Эти задачи требуют решения в настоящее время. Дальнейшее развитие вычислительной техники и методов прикладной математики позволит создавать необходимые модели объектов биологического происхождения и решать задачи здравоохранения и экономики.

В приложениях приведены характеристики используемых в клинической практике аппаратов внеочагового остеосинтеза, а также основные принципы их использования. Отпечатана программа алгоритма проведения остеосинтеза. Приведены также справки о внедрении результатов диссертационной работы.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в следующих работах автора:

1. Комплексно-дистракционный аппарат / Авт. Оленюк Ю.Р., Заслоцкий И.Р., Олекса А.П., Харченко А.И. - Положительное решение гос. н.-т. экспертизы изобретений от 29.01.91, № 4816738/14 (025717), АБ1В 17/60.

2. Оленюк Ю.Р. О рациональной форме сжатых стоек // Динамика, прочность и проектирование машин и приборов. - Львов: Вища школа, 1989, вып. 230, с. 81-83.

3. Оленюк Ю.Р. О целесообразности применения криволинейной формы сжатых элементов // Резервы прогресса в архитектуре и строительстве. - Львов: Вища школа, 1989, вып. 233, с. 75-76.

4. Оленюк Ю.Р. Выбор рациональной поверхности // Динамика, прочность и проектирование машин и приборов. - Львов: Світ, 1990, вып. 240, с. 89-91.

5. Оленюк Ю.Р. Выбор системы отображения для незакономерных поверхностей // Совершенствование методики преподавания графических дисциплин и машинной графики: Тез. докл. на Республ. научно-метод. конф., 11-14 сентября 1990 г.: в 2 ч. - Львов: Обшчолитграфиздат, 1990. - Ч. 2. - С. 92-94.

6. Оленюк Ю.Р., Широкова В.В. Использование раскосов для увеличения общей устойчивости центрально-сжатых стоек // Резервы прогресса в архитектуре и строительстве. - Львов: Вища школа, 1988, вып. 224, с. 76-78.

7. Оленюк Ю.Р., Олекса А.П., Заслоцкий И.Р., Волошкевич П.П. А. С. 1623634 СССР, МКД¹ АБ1В 17/58. Устройство для остеосинтеза длинных трубчатых костей. Спубл. 30.01.91 // Открытия, изобретения. - 1991. - № 4.

8. Харченко А.И., Оленюк Ю.Р. Исследование биологических поверхностей методом отображения их на цилиндрические поверхности // Прикладная геометрия и инженерная графика. - Киев: БудІвельник, 1989, вып. 48, с. 34-36.

9. Харченко А.И., Оленюк Ю.Р. Изменение геометрических параметров подвижной модели однополостного гиперболоида вращения // Прикладная геометрия и инженерная графика. - Киев: БудІвельник, 1990, вып. 49, с. 44-47