

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель министра

_____ Д.Л. Пиневиц
24.06.2011

Регистрационный № 197-1210

**ТЕХНОЛОГИЯ РЕНТГЕНОМЕТРИИ И РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ
ВНУТРЕННИХ ФИКСАТОРОВ ПРИ ДЕФОРМАЦИЯХ ПОЯСНИЧНОГО
ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ
ПРОГРАММЫ**

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЯ-РАЗРАБОТЧИКИ: ГУ «Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии», ГНУ «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»

АВТОРЫ: д-р мед. наук, проф. А.В. Белецкий, д-р мед. наук С.В. Макаревич, д-р техн. наук Г.М. Левин, канд. мед. наук А.Н. Мазуренко, О.Н. Артемьева, К.А. Криворот, И.Н. Сомова

Минск 2010

Диагностика заболеваний и травматических деформаций позвоночника и последующее планирование внутренней фиксации поясничного отдела позвоночника в значительной степени опирается на информацию геометрического характера, которая содержится в рентгенограммах позвоночника. Измерение параметров строения поясничного отдела позвоночника вручную по рентгенограммам сопровождается ошибками и значительной вариабельностью результатов у различных исследователей. В последнее время клиники стали оснащаться цифровой рентгеновской аппаратурой, что позволяет использовать цифровые технологии при планировании внутренней фиксации поясничного отдела позвоночника и может обеспечить детальную количественную оценку параметров поясничных позвонков.

Для анализа цифровых рентгеновских снимков поясничного отдела позвоночника разработана компьютерная программа определения диагностических рентгенологических параметров и элементов внутренней стабилизации поясничного отдела позвоночника.

Программа предназначена для помощи врачу при анализе размеров и формы позвонков, определении основных характеристик патологии, планировании объема и уровня фиксации поясничного отдела позвоночника по его цифровым рентгенограммам в прямой и боковой проекциях.

Располагая программой, врач имеет следующие возможности:

1. Загрузить изображение рентгенограммы.
2. Вывести изображение рентгенограммы в прямой и боковой проекции на монитор ПЭВМ.
3. Указать с помощью мыши в режиме диалога под управлением программы характерные точки позвонков на изображении рентгенограммы.
4. Откорректировать полученные точечные модели позвонков путем исправления положения характерных точек на изображении рентгенограммы.
5. Построить схему и норму строения позвонков поясничного отдела позвоночника в автоматическом режиме.
6. Определить рентгенологические параметры позвонков и имеющиеся нарушения в их строении.
7. Определить параметры элементов металлоконструкции при вентральной и дорсальной схеме фиксации позвонков.
8. Сформировать и напечатать заключение — документ, в котором зафиксированы рентгенологические параметры позвонков и позвоночника в целом, нарушения в строении, как отдельных позвонков, так и всего позвоночника.
9. Сформировать и напечатать заключение — документ, в котором зафиксированы параметры вентральной или дорсальной фиксации позвонков.

Программное обеспечение поддерживает вычисление рентгенологических параметров, включая диаметры и высоты тела позвонка, угол Кобба; позволяет также при вентральной коррекции вычислять необходимые длины винтов, пластины, имплантата, а при дорсальной фиксации — длины винтов, резьбовых штанг.

Программа создана для применения в РНПЦ травматологии и ортопедии при планировании и проведении хирургических вмешательств для внутренней

стабилизации поясничного отдела позвоночника. Она может применяться и в других медицинских организациях, использующих цифровые носители рентгеновских изображений.

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА

Алгоритмы определения диагностических параметров

Для решения задач диагностики и планирования хирургического лечения патологии поясничного отдела позвоночника используются точечные модели позвонков, которые представляются координатами составляющих их характерных точек позвонков.

Рентгенограммы позвонков поясничного отдела позвоночника в прямой задней проекции с достаточной точностью могут представляться точечными моделями, состоящими из 14 характерных точек проекционных изображений позвонков (рисунок 1):

- 1P — крайняя правая точка изображения каудальной поверхности тела позвонка;
- 2P — крайняя левая точка изображения каудальной поверхности тела позвонка;
- 3P — крайняя правая точка изображения краниальной поверхности тела позвонка;
- 4P — крайняя левая точка изображения краниальной поверхности тела позвонка;
- 5P — крайняя левая (внутренняя) точка изображения правого бокового контура позвонка;
- 6P — крайняя правая (внутренняя) точка изображения левого бокового контура позвонка;
- 7P — верхняя точка изображения правого корня дуги позвонка (ножки дуги);
- 8P — нижняя точка изображения правого корня дуги позвонка (ножки дуги);
- 9P — крайняя правая (внешняя) точка изображения правого корня дуги позвонка (ножки дуги);
- 10P — крайняя левая (внутренняя) точка изображения правого корня дуги позвонка (ножки дуги);
- 11P — верхняя точка изображения левого корня дуги позвонка (ножки дуги);
- 12P — нижняя точка изображения левого корня дуги позвонка (ножки дуги);
- 13P — крайняя левая (внешняя) точка изображения левого корня дуги позвонка (ножки дуги);
- 14P — крайняя правая (внутренняя) точка изображения левого корня дуги позвонка (ножки дуги).

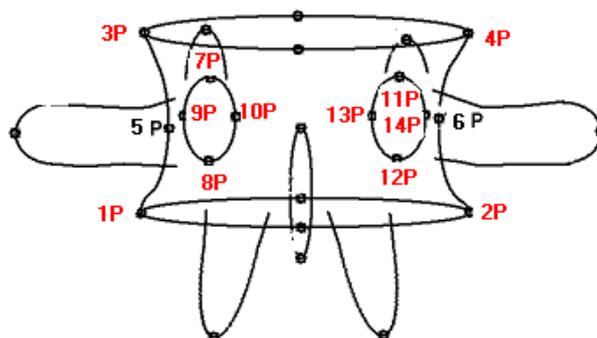


Рисунок 1 — Точечная модель позвонка на прямой проекции

Рентгенограммы позвонков поясничного отдела позвоночника в боковой (латеральной) проекции могут представляться точечными моделями, состоящими из 8 характерных точек (рисунок 2):

- 1L — изображение крайней передней точки каудальной поверхности тела позвонка;
- 2L — изображение крайней задней точки каудальной поверхности тела позвонка;
- 3L — изображение крайней передней точки краниальной поверхности тела позвонка;
- 4L — изображение крайней задней точки краниальной поверхности тела позвонка;
- 5L — крайняя левая (внутренняя) точка изображения правого бокового контура позвонка;
- 6L — крайняя правая (внутренняя) точка изображения левого бокового контура позвонка;
- 7L — нижняя точка верхнего контура корня дуги позвонка;
- 8L — верхняя точка нижнего контура корня дуги позвонка.

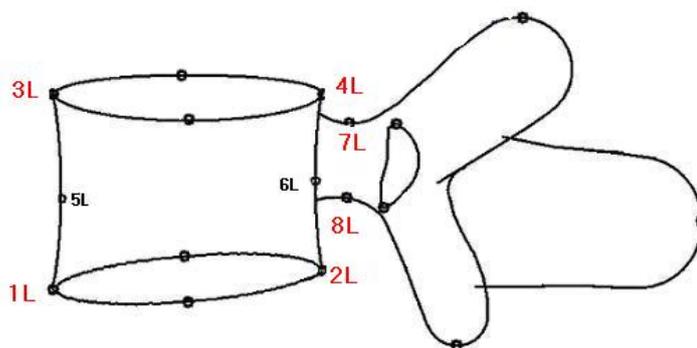


Рисунок 2 — Точечная модель позвонка на боковой проекции

На базе точечных моделей определены наборы специально подобранных диагностических параметров, которые характеризуют форму позвонков пациента и позволяют оценить имеющиеся отклонения.

Эти наборы состоят в основном из линейных, угловых и относительных величин, в той или иной мере применяемых в медицинской практике.

Рентгенологические параметры позвонков: диаметры, высоты, смещения — линейные величины — и определяются либо как расстояния между соответствующими точками, либо как расстояния от соответствующей точки до той или иной прямой.

Наклоны замыкательной пластинки — угол наклона линии, соединяющий две точки к горизонтальной линии.

Для оценки степени выраженности имеющихся нарушений некоторых параметров их значения сравнивают с нормой.

По прямой проекции поясничного позвонка вычисляются следующие рентгенологические параметры:

- диаметр нижней замыкательной пластинки (d_2 , расстояние между точками 3P–4P);

- диаметр верхней замыкательной пластинки (d_1 , расстояние между точками 1P–2P);

- правая высота тела позвонка (h_1 , расстояние между точками 1P–3P);

- левая высота тела позвонка (h_2 , расстояние между точками 2P–4P);

- боковая компрессия тела позвонка $(1 - h_1/h_{1\text{норма}}) * 100$);

- наклон верхней замыкательной пластинки тела позвонка (угол наклона линии, соединяющий точки 3P–4P тела позвонка к горизонтальной линии);

- наклон нижней замыкательной пластинки тела позвонка (угол наклона линии, соединяющий точки 1P–2P тела позвонка к горизонтальной линии);

- интерпедикулярное расстояние (s , расстояние между точками 10P–13P);

- ширина правого корня дуги (расстояние между точками 9P–10P);

- ширина левого корня дуги (расстояние между точками 13P – 14P);

- смещение вправо (смещение точки 1P относительно отрезка 3P–4P нижележащего позвонка);

- смещение влево (смещение точки 2P относительно отрезка 3P–4P нижележащего позвонка);

- высота нижнего диска справа (расстояние между точкой 1P позвонка и точкой 3P нижележащего позвонка);

- высота нижнего диска слева (расстояние между точкой 2P позвонка и точкой 4P нижележащего позвонка).

Определение некоторых линейных параметров для прямой проекции позвонка представлено на рисунке 3, наклоны замыкательных пластинок — на рисунке 4.

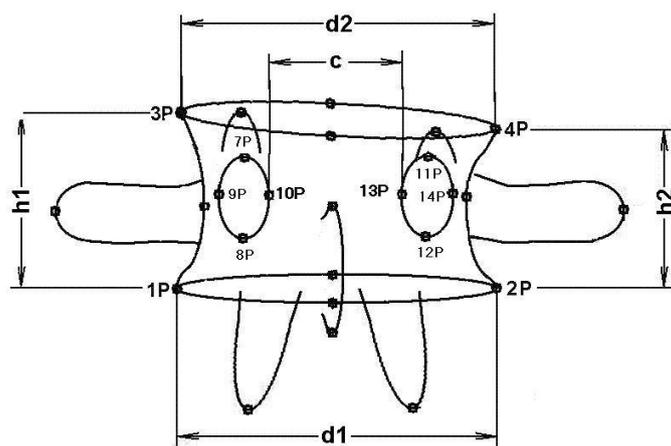


Рисунок 3 — Диагностические параметры прямой проекции позвонка

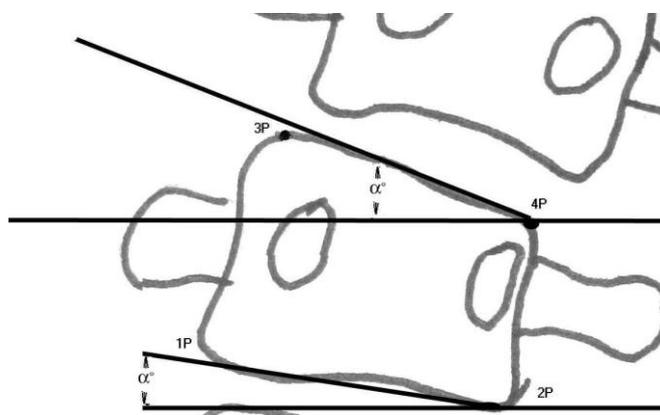


Рисунок 4 — Наклон верхней и нижней замыкательных пластинок

По прямой проекции поясничного отдела позвоночника вычисляются следующие параметры позвоночника:

- угол Кобба (угол между линиями 3P–4P L1 позвонка и 1P–2P L5 позвонка);
- степень ротации позвонка (по Nash-Мое, по проекционному положению d корня дуги (точки 7P, 8P или 11P, 12P вершинного позвонка относительно d2 на выпуклой стороне сколиотической дуги); I степень, если $0,5 \leq d < 0,8$; II степень, если $0 \leq d < 0,5$; III степень, если $-0,5 \leq d < 0$; IV степень, если $d < -0,5$;
- степень выраженности сколиотической деформации (I степень, если угол Кобба $6 \leq \text{Cobp} < 10^\circ$, II степень, если $10 \leq \text{Cobp} < 25^\circ$, III степень, если $25 \leq \text{Cobp} < 40^\circ$, IV степень, если $\text{Cobp} > 40^\circ$);
- смещение вершинного позвонка (смещение центров нижних межпозвонковых дисков вершинного позвонка относительно центральной крестцовой вертикальной линии);
- боковой наклон крестца (угол наклона к горизонтальной линии, соединяющий точки 3P–4P крестца);
- смещение позвонка L1–S (смещение центра первого позвонка относительно вертикальной линии, проходящей через середину отрезка 3P–4P крестца).

По боковой проекции поясничного позвонка вычисляются следующие рентгенологические параметры позвонка:

- диаметр верхней замыкательной пластинки (d_2 , расстояние между точками 3L–4L);
- диаметр нижней замыкательной пластинки (d_1 , расстояние между точками 1L–2L);
- высота тела позвонка спереди (h_1 , расстояние между точками 1L–3L);
- высота тела позвонка сзади (h_2 , расстояние между точками 2L–4L);
- наклон верхней замыкательной пластинки (угол наклона линии, соединяющий точки 3L–4L тела позвонка к горизонтальной линии);
- наклон нижней замыкательной пластинки (угол наклона линии, соединяющий точки 1L–4L тела позвонка к горизонтальной линии);
- сегментарный лордоз (угол между линией 3L–4L текущего позвонка и линией 3L–4L нижележащего позвонка);
- смещение (S , смещение точки 2L текущего позвонка относительно отрезка 3L–4L нижележащего позвонка);
- высота нижнего диска спереди (расстояние от точки 1L текущего позвонка до отрезка 3L–4L нижележащего позвонка);
- высота нижнего диска сзади (e , расстояние от точки 2L до отрезка 3L–4L нижележащего позвонка);
- угол клиновидной деформации тела позвонка (VKA — угол между линиями 1L–2L и 3L–4L позвонка);
- поперечно-диагональный угол (CDA — угол между линиями 1L–4L и 1L–2L позвонка);
- задний угол тела позвонка ($PVBA$ — угол между линиями 2L–4L и 3L–4L позвонка);
- угол перелома (угол между линиями 3L–4L нижележащего позвонка и 1L–2L вышележащего позвонка).

Определение некоторых линейных и угловых параметров для боковой проекции позвонка представлено на рисунке 5.

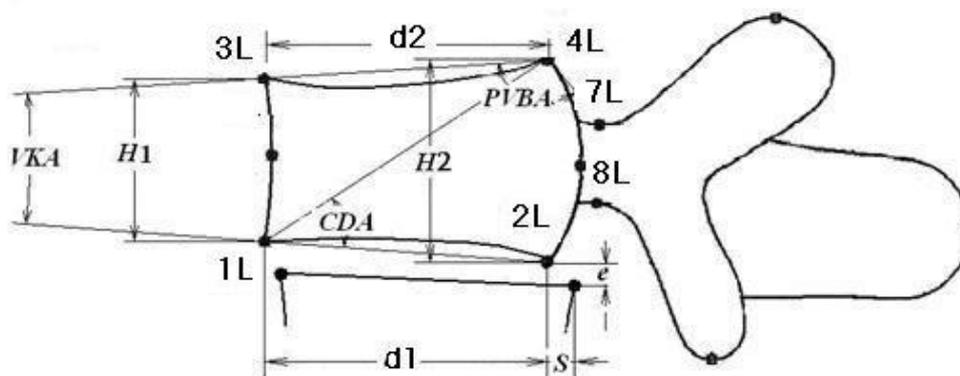


Рисунок 5 — Диагностические параметры боковой проекции позвонка

По боковой проекции поясничного отдела позвоночника вычисляются следующие параметры позвоночника:

- грудопоясничный угол (угол между линиями 3L–4L двенадцатого грудного позвонка и 3L–4L первого поясничного позвонка);
- поясничный лордоз (угол между линиями 3L–4L крестца и 3L–4L первого позвонка);
- угол поверхности крестца (STA — угол между линиями 4L–2L и 3L–4L крестца);
- индекс поверхности крестца (STI — отношение диаметра верхней пластинки пятого позвонка к диаметру верхней пластинки крестца);
- поясничный индекс (LI — отношение высот тела пятого позвонка);
- пояснично-крестцовый угол (LSA — угол между линиями 3L–4L крестца и 3L–4L пятого позвонка);
- наклон крестца (SS — угол наклона к горизонтальной линии, соединяющий точки 3L–4L крестца);
- крестцовый угол (SA — угол, равный углу между линиями 4L–2L крестца и 3L–4L пятого позвонка — 90°);
- смещение L1–S (смещение центра первого позвонка относительно вертикальной линии, проходящей через середину отрезка 3L–4L крестца).

По результатам анализа нарушений в строении поясничного отдела позвоночника и отдельных позвонков формируются наборы параметров, которые характеризуют основные патологические состояния позвонков поясничного отдела позвоночника.

По прямой проекции поясничного позвонка выявляются следующие нарушения:

- степень компрессии определяется по значению отношения $oth1$ правой высоты тела позвонка к своей норме и по значению отношения $oth2$ левой высоты тела позвонка к своей норме (I степень, если хотя бы одно из значений $0,75 \leq oth1 < 0,85$ или $0,75 \leq oth2 < 0,85$; II степень, если $0,5 \leq oth1 < 0,75$ или $0,5 \leq oth2 < 0,75$; III степень, если $0,25 \leq oth1 < 0,5$ или $0,25 \leq oth2 < 0,5$; IV степень, если $oth1 < 0,25$ или $oth2 < 0,25$);

- наличие клиновидной деформации тела позвонка определяется, если значения диаметров верхней и нижней замыкательной пластинки, интерпедикулярного расстояния больше своих норм. Степень клиновидности определяется по значению отношения $oth1$ правой высоты тела позвонка к своей норме и по значению отношения $oth2$ левой высоты тела позвонка к своей норме (I степень, если хотя бы одно из значений $0,75 \leq oth1 < 0,85$ или $0,75 \leq oth2 < 0,85$; II степень, если $0,5 \leq oth1 < 0,75$ или $0,5 \leq oth2 < 0,75$; III степень, если $0,25 \leq oth1 < 0,5$ или $0,25 \leq oth2 < 0,5$; IV степень, если $oth1 < 0,25$ или $oth2 < 0,25$);

- наличие смещения (листеза) определяется по значению отношения $oth1$ смещение вправо тела позвонка относительно нижнего позвонка к диаметру верхней замыкательной пластинки позвонка и по значению отношения $oth2$ смещения влево тела позвонка относительно нижнего позвонка к диаметру нижней замыкательной пластинки позвонка (степень смещения, если значение $oth1 < 0,01$ и значение $oth2$: I

степень, если $0,01 < oth2 \leq 0,025$; II степень, если $0,25 \leq oth2 \leq 0,5$; III степень, если $0,5 < oth2 \leq 0,75$; IV степень, если $oth2 > 0,75$).

По боковой проекции поясничного позвонка выявляются следующие нарушения:

- степень компрессии тела позвонка (определяется отношение $oth1$ значения высоты спереди тела позвонка к своей норме (I степень, если $0,75 \leq oth1_i < 0,85$; II степень, если $0,5 \leq oth1 < 0,75$; III степень, если $0,25 \leq oth1 < 0,5$; IV степень если $oth1 < 0,25$);

- наличие клиновидной деформации тела позвонка, если значения диаметров верхней и нижней пластинки больше своих норм; степень клиновидности определяется по значению отношения $oth1$ высоты тела позвонка спереди к своей норме (I степень, если $0,75 \leq oth1_i < 0,85$; II степень, если $0,5 \leq oth1 < 0,75$; III степень, если $0,25 \leq oth1 < 0,5$; IV степень если $oth1 < 0,25$);

- наличие спондилолистеза определяется по значению отношения $oth1$ смещения вправо тела позвонка относительно нижнего позвонка к диаметру нижней пластинки; если $oth1 < 0$, то — антелистез, иначе — ретролистез (I степень, если $0,06 < |oth1| \leq 0,25$; II степень, если $0,25 < |oth1| \leq 0,5$; III степень $0,5 < |oth1| \leq 0,75$; IV — $|oth1| > 0,75$).

Минимальные системные требования к компьютеру при эксплуатации программы

Совместимый IBM компьютер Pentium-4 1300 МГц и выше; операционная система Windows 95 и выше; оперативная память 512 Мб; видеокарта 128 Мб; SVGA дисплей и выше; свободное место на HDD ~4 МВ; манипулятор «мышь»; принтер.

ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ

1. Оценка рентгенологических параметров при заболеваниях и травматических деформациях поясничного отдела позвоночника.
2. Планирование параметров внутренних фиксаторов поясничного отдела позвоночника.

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ

Специфических противопоказаний к применению программы нет.

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Исходным материалом для программы определения рентгенологических показателей и параметров элементов внутренней стабилизации поясничного отдела позвоночника являются рентгенограммы поясничного отдела позвоночника, выполненные в положении стоя в двух стандартных проекциях (прямой и боковой), получаемые с помощью цифровой рентгеновской установки как графические файлы в формате JPEG.

Программа позволяет выполнить четыре основных этапа:

- выбор нужного изображения рентгенограммы поясничного отдела позвоночника;

- разметка рентгенограммы;

- определение диагностических параметров и формирование заключения по результатам анализа размеров и формы позвонков поясничного отдела позвоночника;

- определение параметров вентральных и дорсальных фиксаторов.

Под разметкой рентгенограммы поясничного отдела позвоночника понимают указание на ней положений характерных точек пяти поясничных позвонков, крестца и нижнего грудного позвонка. Точечная модель позвоночника создается посредством разметки рентгенограмм, т. е. последовательного отыскания на рентгенограмме характерных точек позвонков и включения их в точечную модель. Решения о размещении каждой точки принимает врач или оператор, управляющий курсором. От того, насколько правильно и точно указано положение характерных точек позвонков в той или иной степени зависят значения диагностических показателей и параметров фиксации позвонков.

Управление программой осуществляется в режиме диалога на языке директивного типа с использованием системы вложенных меню.

Система вложенных меню включает следующие разделы:

- «Рентгенограмма»;

- «Пациент»;

- «Разметка позвонков»;

- «Параметры позвонков»;

- «Фиксация позвонков»;

- «Справочные данные»;

- «Справка».

Раздел «Рентгенограмма» обеспечивает выбор и загрузку файлов с изображением рентгенограммы поясничного отдела позвоночника в прямой и боковой проекциях, размещенных на диске типа «винчестер» или другом съемном диске.

Раздел «Пациент» служит для ввода сведений о пациенте.

Раздел «Разметка позвонков» предназначен для управления процессом расстановки характерных точек позвонков на изображении рентгенограммы.

Раздел «Параметры позвонков» обеспечивает вычисление рентгенометрических параметров позвонков и позвоночника на прямой и боковой проекциях.

Раздел «Фиксация позвонков» предназначен для определения параметров вентральной и дорсальной стабилизации поясничного отдела позвоночника.

Раздел «Справочные данные» позволяет корректировать нормативно-справочную информацию (масштабные коэффициенты, унифицированные характеристики пластин, винтов и др.).

Раздел «Справка» служит для вывода справочной информации.

Процедуры формирования выходной информации позволяют просмотреть результаты расчета рентгенометрии и параметров фиксации позвонков на экране

дисплея, распечатать их в виде документа или переслать их в систему Microsoft Office Word 2003.

Главное окно программы содержит следующие элементы, обеспечивающие пользовательский интерфейс:

- левое поле для отображения текущей рентгенограммы (первая проекция);
- список «Позвонок» с уровнями позвонков;
- правое поле для отображения рентгенограммы на второй проекции;
- поле, содержащее текст заключения по результатам анализа размеров и формы позвонков поясничного отдела позвоночника (для еще неразмеченной рентгенограммы — пустое).

Флажки-переключатели для управления визуализацией рентгенограмм и отображения точечных моделей и схем позвонков:

- «Образец» — включение/отключение отображения на экране образца позвонка с разметкой точек;
- «Фрагмент» — включение/отключение отображения увеличенного фрагмента текущей рентгенограммы;
- «Точки» — включение/отключение вывода отображения характерных точек позвонков на рентгенограмме;
- «№ точек» — включение/отключение отображения принятых порядковых номеров характерных точек выбранного позвонка на текущей рентгенограмме;
- «Проекция» — переключение между проекциями;
- «Схема» — включение/отключение отображения схемы позвонков, построенной по характерным точкам позвонков.

Запуск программного обеспечения

В компьютере программа «Dorsal» запускается двойным щелчком по ярлыку программы. На экране появляется окно программы (рисунок б).

Первоначально меню программы содержит три раздела:

- «Рентгенограмма»;
- «Справочные данные»;
- «Справка».

Выбор пунктов меню осуществляется нажатием левой кнопки мыши.

Работа с программой

Работа с программой начинается с нажатия команды «Открыть» раздела «Рентгенограмма».

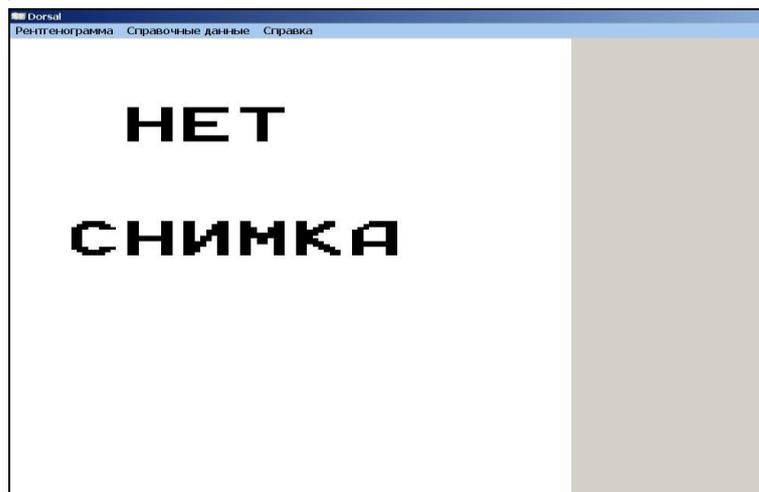


Рисунок 6 — Первоначальное окно программы

При выборе данной команды на экране отображается стандартное диалоговое окно, в котором пользователю предоставляется возможность просмотреть изображение рентгенограммы из файлов в формате JPEG, размещенных на диске типа «винчестер» или другом съемном диске, и указать необходимый файл (рисунок 7).

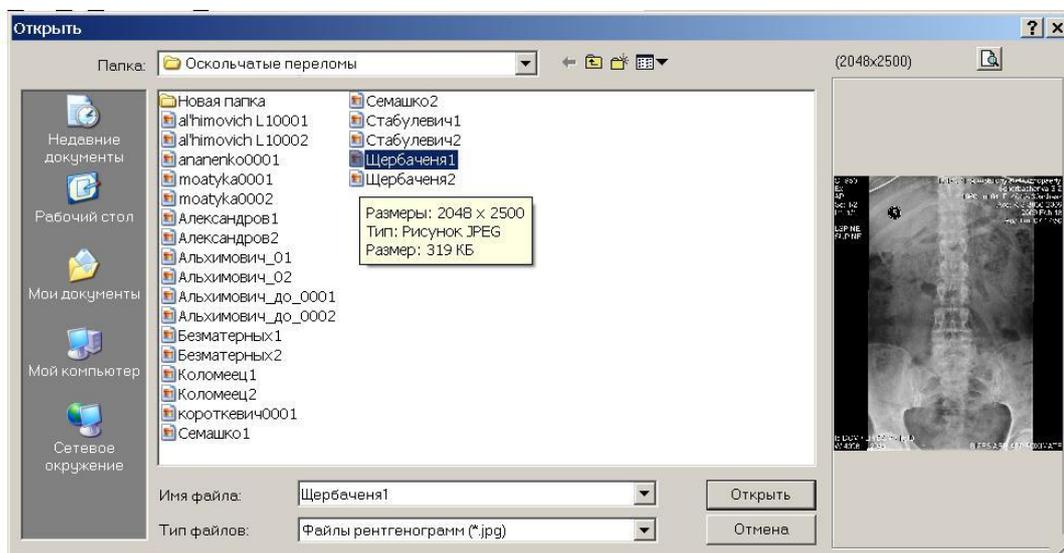


Рисунок 7 — Выбор файла рентгенограммы

Обычно имя файла с изображением рентгенограммы содержит фамилию пациента и цифру 1 или 2 (1 — первая проекция, 2 — вторая проекция).

После выбора пользователем необходимого файла с рентгенограммой в одной проекции в программе автоматически в том же каталоге осуществляется поиск файла с рентгенограммой в другой проекции. Если в именах файлов принято другое обозначение, то в программе выдается сообщение (рисунок 8). При нажатии кнопки

«ОК» осуществляется запрос имени файла другой проекции в таком же стандартном диалоге выбора графических файлов (рисунок 4). Если файл со второй проекцией отсутствует, то возможно только вычисление диагностических параметров для данной проекции.

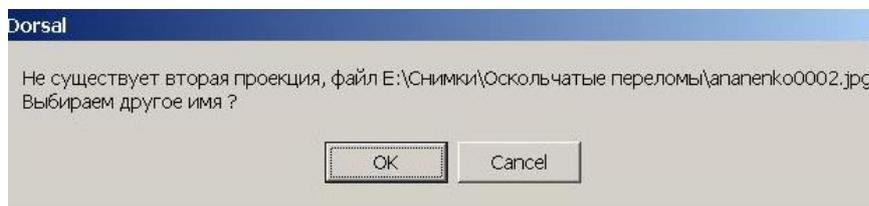


Рисунок 8 — Запрос на выбор файла с другой проекцией

Возможны два режима работы с рентгенограммой:

- с еще неразмеченной;
- рентгенограмма, для которой была ранее произведена компьютерная разметка (возможно, неполная) и сформирован файл с точечной моделью позвоночника.

В первом случае после отображения рентгенограммы на экране у пользователя в диалоговом окне запрашивается вид выбранной проекции (боковая или прямая), тип и разрешающая способность пленки, с которой получено оцифрованное изображение (рисунок 9).

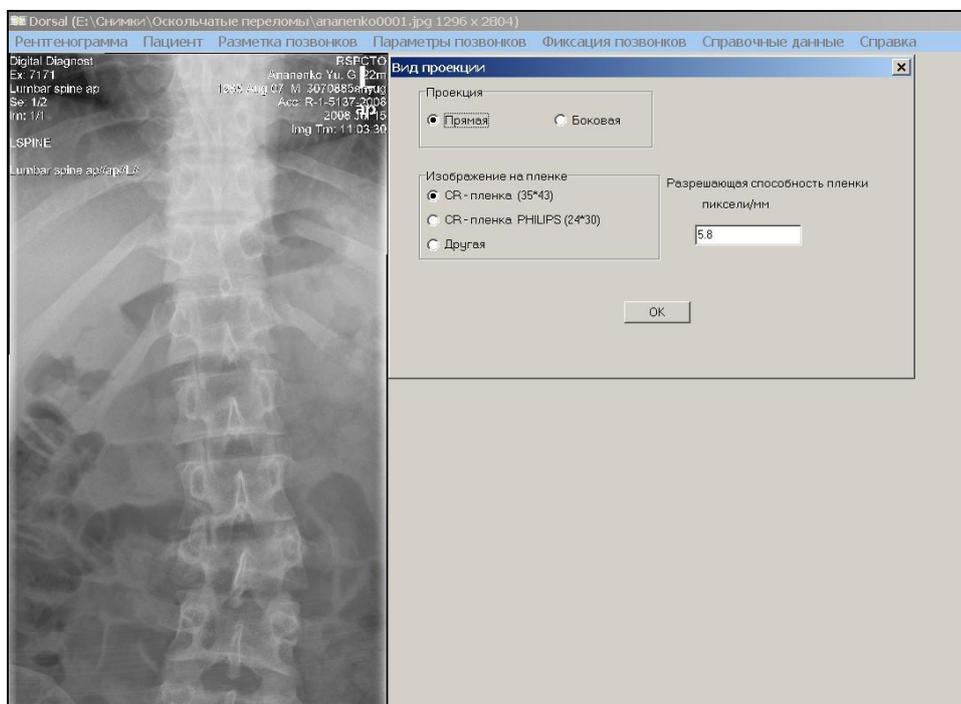


Рисунок 9 — Неразмеченная рентгенограмма

Во втором случае на отображении рентгенограммы размещается точечная модель позвонка, а в рабочем поле — заключение об отклонениях в строении позвонков (если разметка не полная — поле пустое) (рисунок 10).

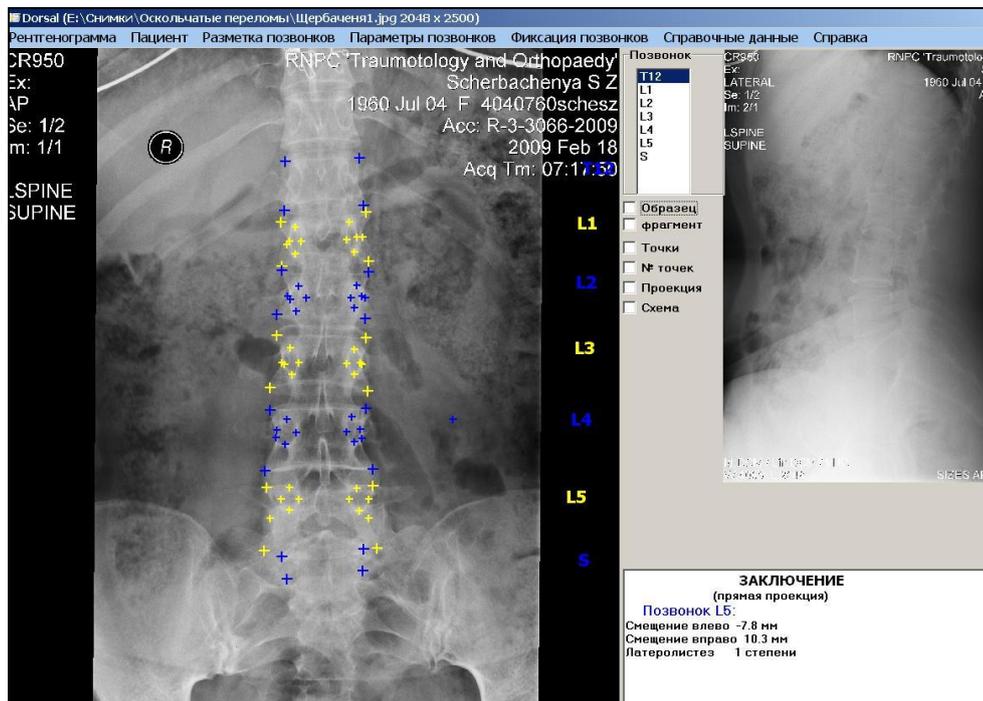


Рисунок 10 — Рентгенограмма и ее точечная модель (текущая прямая проекция)

Рентгенограмма в первой проекции (текущая) отображается в главном окне программы в левой стороне экрана, справа — отображается другая проекция.

При разметке рентгенограмм, т. е. при отыскании положений ее характерных точек, желательно видеть на экране всю рентгенограмму целиком, поэтому изображения, которые на экране разместить невозможно, масштабируются.

После выбора рентгенограммы и отображения ее на экране меню включает семь разделов:

- «Рентгенограмма»;
- «Пациент»;
- «Разметка позвонков»;
- «Параметры позвонков»;
- «Фиксация позвонков»;
- «Справочные данные»;
- «Справка».

Разметка рентгенограммы

Для определения рентгенологических диагностических параметров по заданному набору характерных точек позвонков и планирования уровня фиксации поясничного отдела позвоночника пользователю необходимо выполнить разметку (указать положение характерных точек) грудного позвонка T12, пяти позвонков поясничного отдела (позвонки L1-L5), крестцового позвонка.

При разметке точек позвонка поясничного отдела предварительно должен быть указан в списке «Позвонок» номер позвонка; пользователь может производить разметку только на текущей рентгенограмме (она расположена слева на экране).

Разметка позвонков рентгенограммы производится следующим образом:

- в списке «Позвонок» необходимо выбрать уровень позвонка (подвести курсор мыши и нажать левую кнопку мыши, при этом обозначение позвонка в списке закрасится синим цветом). По умолчанию выбирается уровень T12;

- для указания положения очередной характерной точки выбранного позвонка пользователю следует подвести курсор мыши к нужной точке на изображении рентгенограммы, нажать и отпустить левую клавишу мыши; положение точки считается указанным, она отображается синим или желтым крестом и фиксируется в создаваемой точечной модели (рисунок 11).

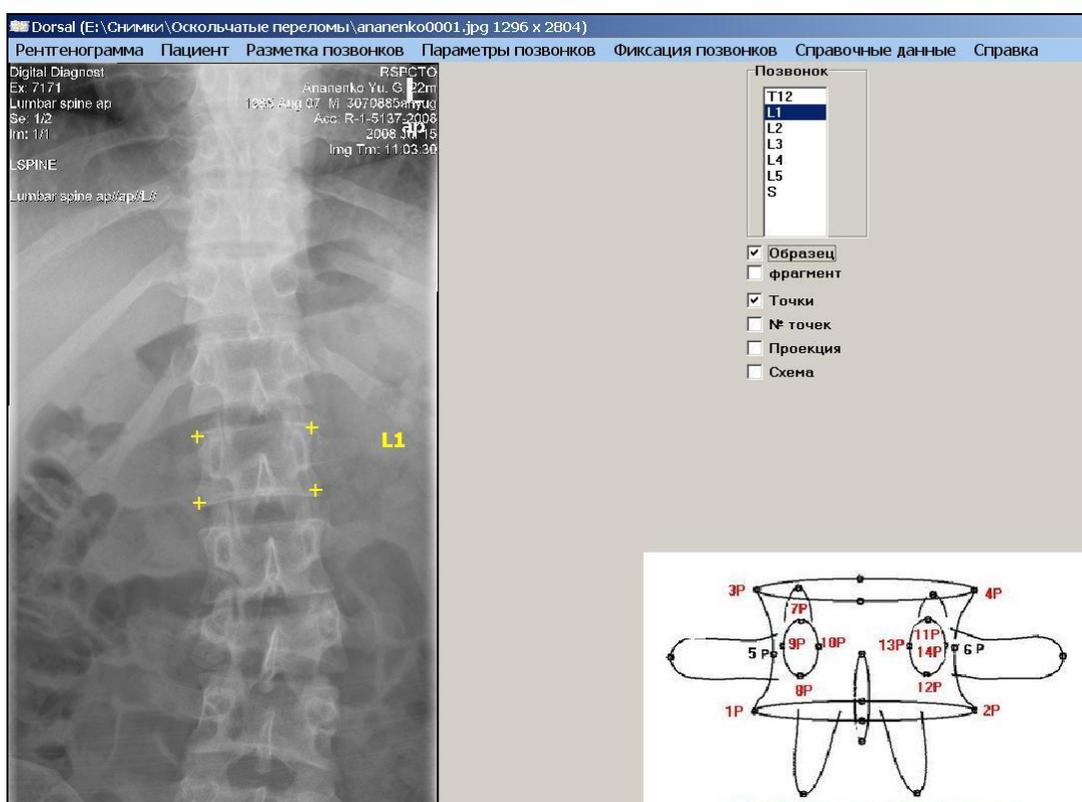


Рисунок 11 — Разметка точек позвонка L1

Выбор позвонков может быть произвольным. Порядок указания точек позвонка фиксирован.

Порядок разметки характерных точек позвонка на прямой проекции следующий:

- а) точки 1P–4P тела позвонка (внутри группы порядок произвольный);
- б) точки 5P, 6P вогнутости тела позвонка (допускается не указывать);
- в) точки 7P–14P корней дуги позвонка (внутри группы порядок произвольный).

Порядок разметки характерных точек позвонков на боковой проекции следующий:

- а) точки 1L–4L тела позвонка (внутри группы порядок произвольный);
- б) точки 5P, 6P вогнутости тела позвонка (допускается не указывать);
- в) точки 7L, 8L корня дуги позвонка.

Для определения рентгенометрических параметров позвонков при разметке позвонков T12, S допускается указание только четырех точек тела позвонка (1–4). Если на этих позвонках предполагается установка фиксаторов, то обязательно нужно указать все точки.

Для облегчения разметки характерных точек позвонка пользователь может включить флажок-переключатель «Образец» для отображения на экране образца позвонка в соответствующей проекции, на котором отмечены точки, которые необходимо нанести на рентгенограмму (рисунок 12).

При корректировке положения характерной точки выбранного позвонка, которое известно и отмечено на изображении желтым или синим крестом, пользователю следует:

- подвести курсор мыши достаточно близко к нужной точке. Изображающий ее голубой или синий крест при этом заменится красным;
- нажать левую клавишу мыши и, не отпуская ее, переместить курсор в положение, где, по его мнению, должна находиться точка. Изображающий ее красный крест при этом заменится, синим или желтым цветом.

Для удобства визуального анализа изображений и облегчения в некоторых случаях отыскания характерных точек на рентгенограмме в программе предусмотрена возможность масштабирования фрагмента изображения рентгенограммы с помощью флажка-переключателя «Фрагмент».

Чтобы получить увеличенное изображение выбранного позвонка, пользователю необходимо разметить хотя бы четыре точки тела позвонка на исходном изображении и нажатием левой клавиши мыши включить флажок «Фрагмент». На экране отобразится увеличенный фрагмент изображения позвоночника (рисунок 12). Все действия по разметке точек позвонков можно производить и на увеличенном фрагменте.

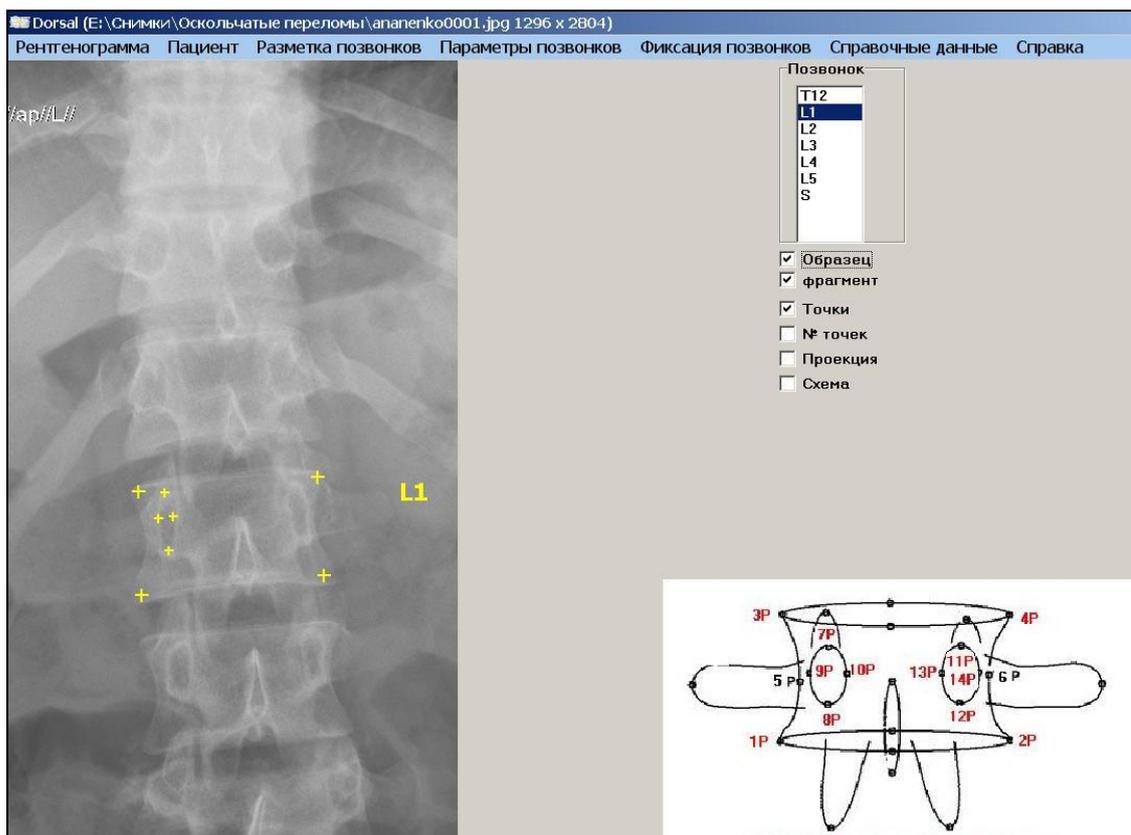


Рисунок 12 — Увеличенный фрагмент рентгенограммы для разметки L1 позвонка

Для контроля правильности размеченных точек выбранного позвонка пользователь может включить флажок «№ точек» для отображения на рентгенограмме номеров характерных точек позвонка в принятом порядке (рисунок 13). Если на рентгенограмме для выбранного позвонка получился порядок точек, не совпадающий с эталоном, необходимо удалить разметку данного позвонка, и разметить его снова.

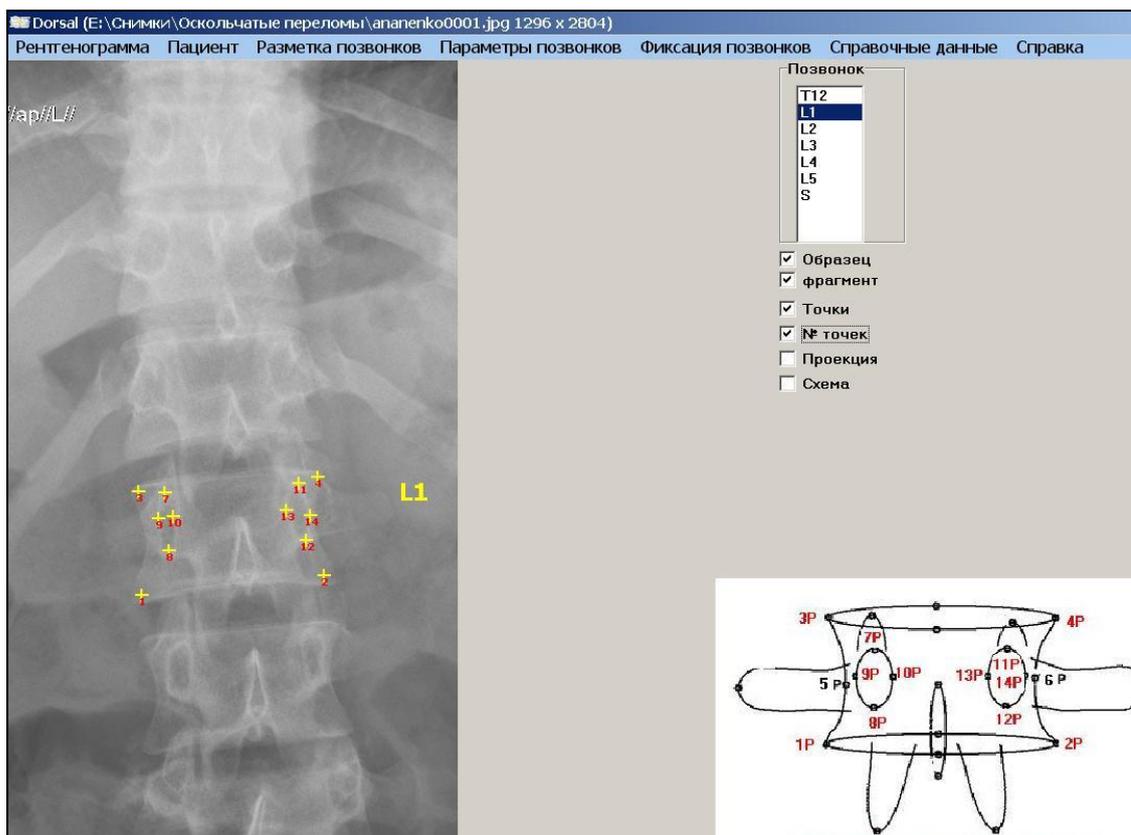


Рисунок 13 — Проверка порядка указания точек L1 позвонка

Включение флажка «Проекция» осуществляет перестановку проекций, текущей становится вторая проекция, и соответственно ей на экране отображается текст заключения по результатам анализа.

Состояние экрана представлено на рисунке 14.

Включение флажка «Схема» осуществляет вызов процедуры анализа размера позвонков на текущей рентгенограмме с отображением на экране схемы позвоночника (на место второй проекции) или его нормы и текста заключения по результатам анализа. Возможны три варианта выбора:

- отображение схемы позвоночника;
- отображение нормы позвоночника;
- отображение второй проекции (возможно, отсутствует).

Состояние экрана при включенном флажке «Схема» (первое положение) на прямой проекции представлено на рисунке 15, второе положение — на рисунке 16.

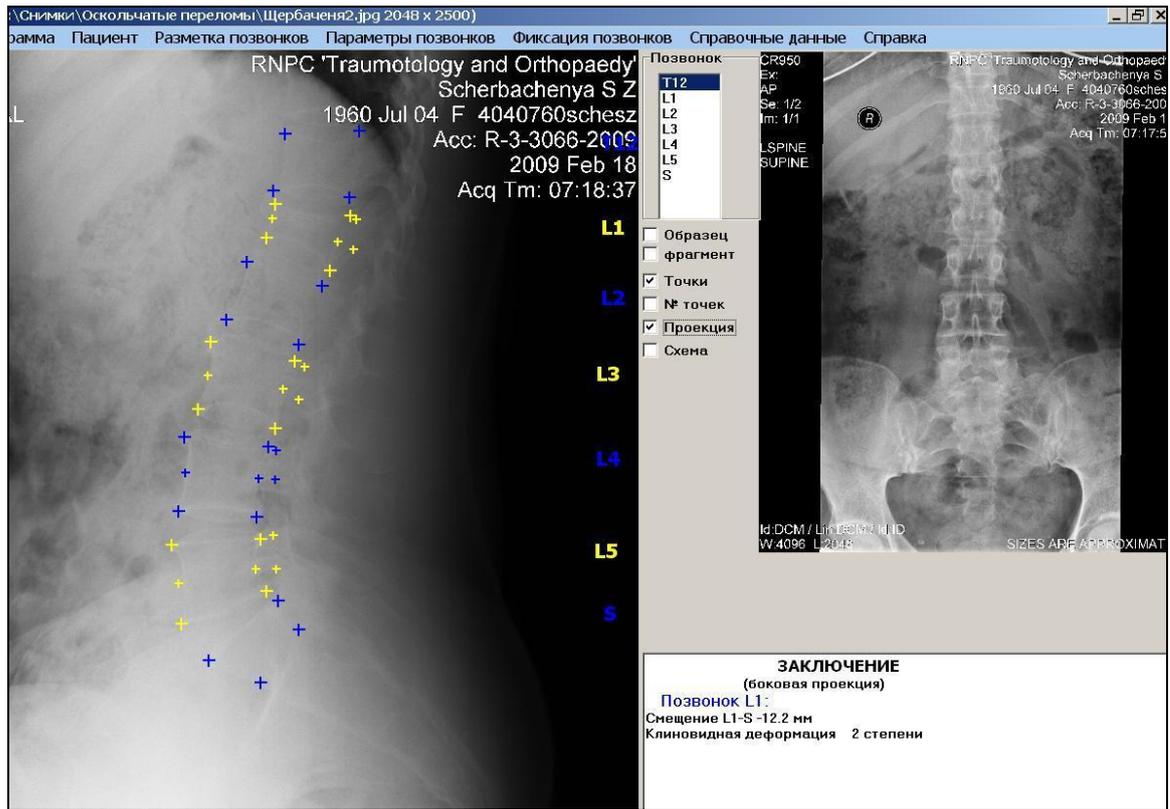


Рисунок 14 — Текущая боковая проекция

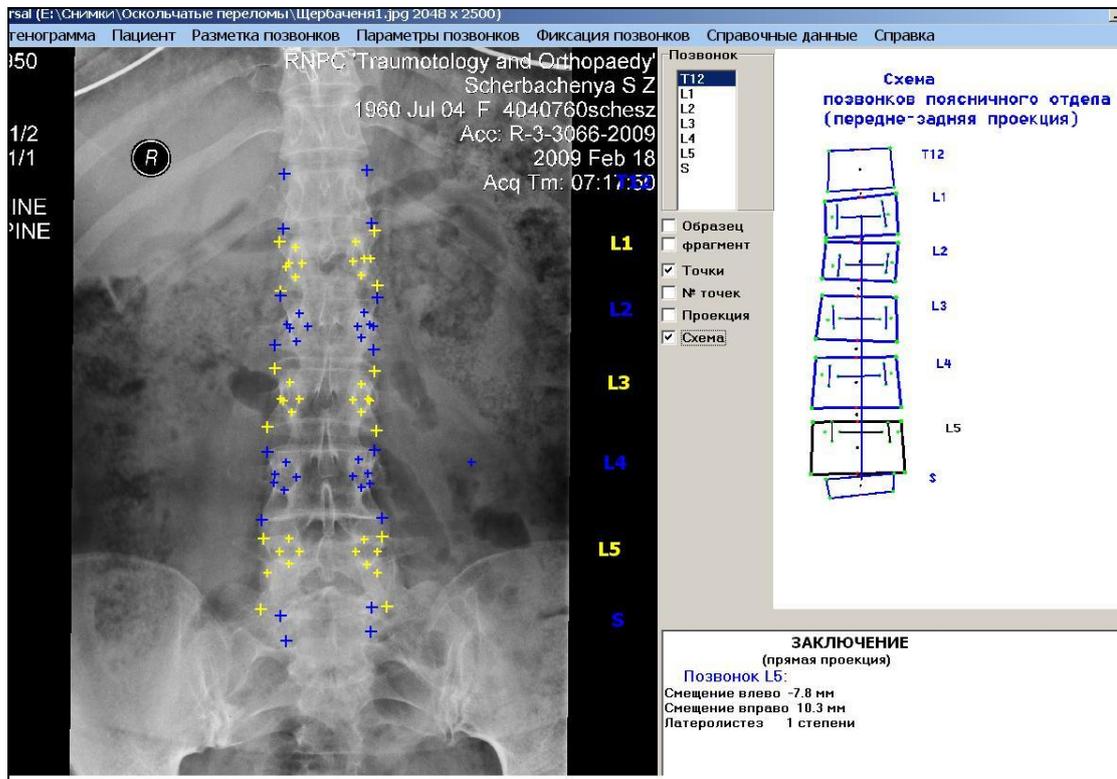


Рисунок 15 — Схема позвоночника на прямой проекции

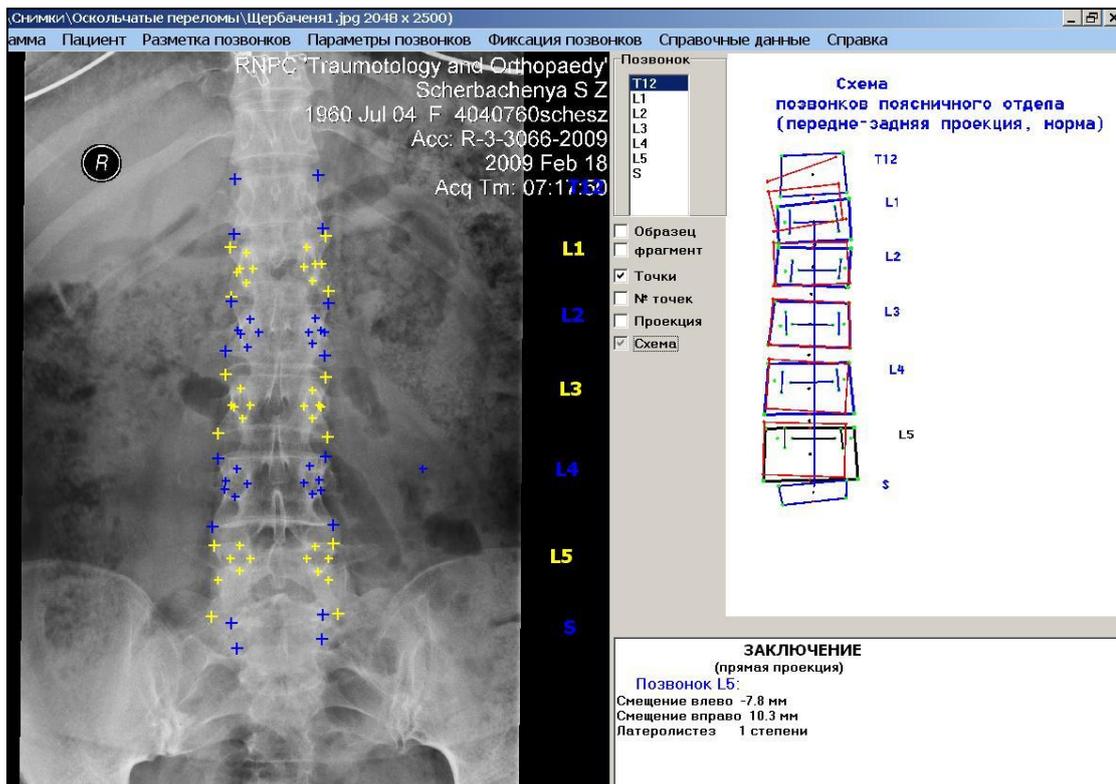


Рисунок 16 — Норма позвоночника

Раздел меню «Разметка»

Раздел меню «Разметка» предназначен для корректировки и сохранения точечной модели позвоночника на текущей рентгенограмме.

Он содержит пять пунктов:

- «Вид изображения позвонка на прямой проекции»;
- «Сохранить разметку»;
- «Удалить разметку»;
- Удалить точки позвонка»;
- «Удалить файл с разметкой»;
- «Отменить»;
- «Выход».

Состояние экрана при вызове команды «Разметка позвонков» представлено на рисунок 17.

При выборе пункта меню «Вид изображения позвонка на прямой проекции» пользователю необходимо в диалоговом окне указать вид снимка позвоночника (право- или левосторонний). По умолчанию – принимается правосторонний снимок (рисунок 18).

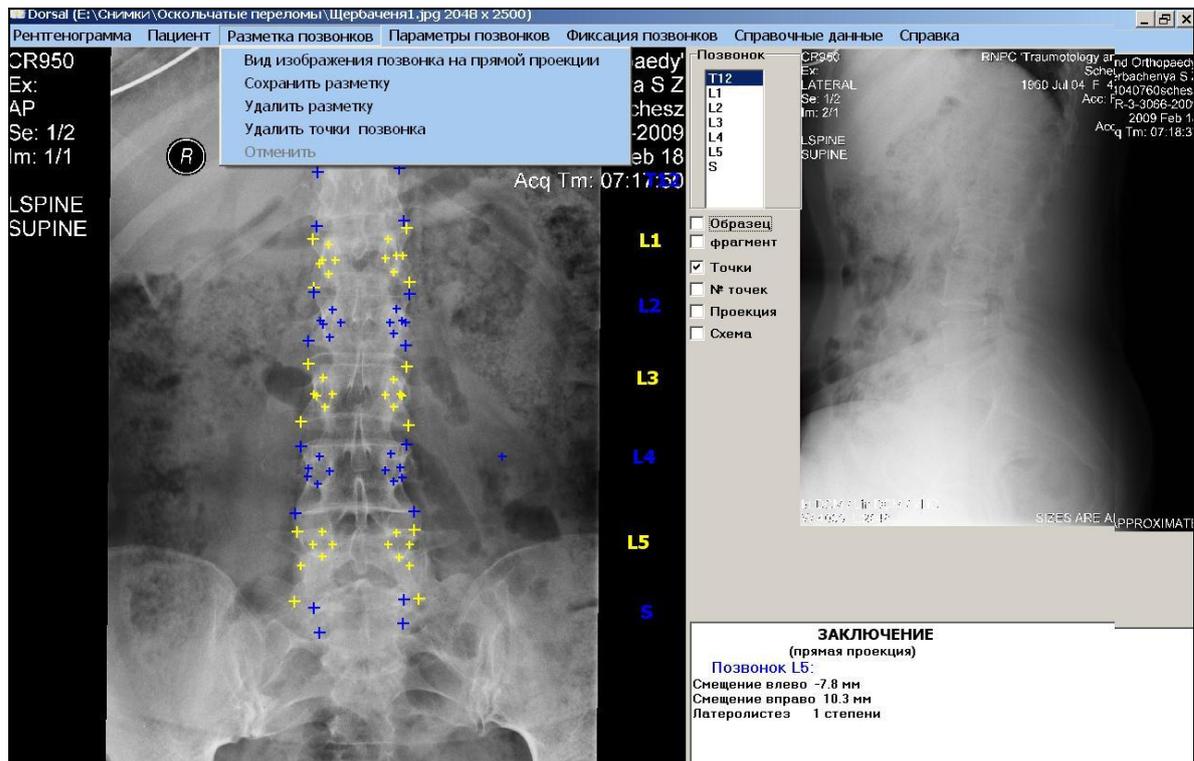


Рисунок 17 — Вызов раздела меню «Разметка»

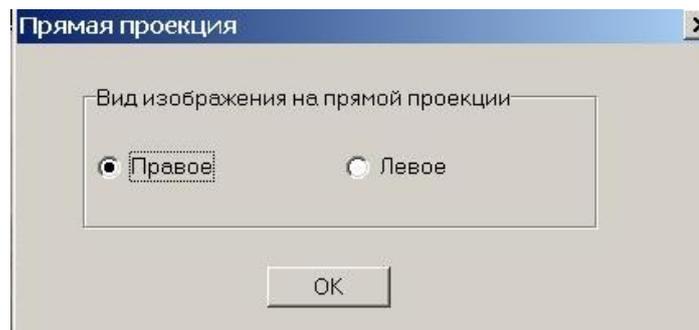


Рисунок 18 — Запрос вида изображения

По окончании разметки (как и на любом этапе) пользователь может сохранить построенную точечную модель на текущей рентгенограмме на диске в виде текстового файла.

Сохранение результатов разметки рентгенограммы осуществляется с помощью пункта «Сохранить разметку». Координаты отмеченных характерных точек позвонков на изображении рентгенограммы записываются в текстовый файл с расширением .txt и именем, которое совпадает с именем графического файла рентгенограммы, в тот же каталог. Эти файлы могут быть неполными, если разметка рентгенограммы не была закончена.

Первая строка текстового файла содержит имя файла с рентгенограммой.

Вторая строка — вид рентгенограммы (1 — прямая, 2 — боковая), разрешающая способность пленки, параметры фиксации.

Далее координаты характерных точек позвонков T12, L1, L2, L3, L4, L5, S.

Структуры записи координат набора точек в текстовом файле для прямой и боковой рентгенограммы различны.

Структура координат точек позвонков для фронтальной рентгенограммы представлена в таблице 1, боковой — в таблице 2.

Таблица 1 — Координаты точек позвонков на прямой проекции

Обозначение позвонка и координаты								
T12- S								
	координаты точек							
X	1P	2P	3P	4P	5P	6P		
Y	1P	2P	3P	4P	5P	6P		
X	7P	8P	9P	10P	11P	12P	13P	14P
Y	7P	8P	9P	10P	11P	12P	13P	14P

Таблица 2 — Координаты точек позвонков на боковой проекции

Обозначение позвонка и координаты								
T12-S								
	координаты точек							
X	1L	2L	3L	4L	5L	6L		
Y	1L	2L	3L	4L	5L	6L		
X	7L	8L						
Y	7L	8L						

Для удаления ранее размеченных точек всех позвонков служит пункт меню «Удалить разметку», отдельного позвонка — «Удалить точки позвонка».

Пункт меню «Отмена» служит для отмены следующих действий, произведенных пользователем с точечной моделью:

- восстанавливает точечные модели всех позвонков, если была выполнена предыдущая команда «Удалить Разметку»;
- восстанавливает точечные модели выбранного позвонка, если была выполнена предыдущая команда «Удалить точки позвонка»;
- удаляет последнюю отмеченную точку выбранного позвонка.

При выборе данных пунктов меню на изображении рентгенограммы и в точечной модели удаляются указанные точки, но в текстовом файле с точечной моделью позвонка корректировка не производится; чтобы сохранить изменения нужно выбрать пункт меню «Сохранить разметку».

При выборе пункта меню «Удалить файл с разметкой» удаляется текстовый файл с координатами текущей рентгенограммы. После удаления файла необходимо повторно открыть рентгенограмму.

Сведения о пациенте

При выборе пункта «Сведения о пациенте» на экране высвечивается диалоговое окно (рисунок 19), в котором пользователю предлагается ввести сведения о пациенте:

- фамилию и инициалы пациента;

- дату рождения;
- номер медицинской карты;
- медицинское учреждение;
- отделение.

Также необходимо выбрать пол пациента.

Пункт «Сохранить сведения» позволяет сохранить эти данные в файл с точечной моделью позвонка.

Эти сведения необходимы для выходных документов.

Рисунок 19 — Сведения о пациенте

Параметры позвонков

Для выявления и оценки отклонений в строении позвонков и позвоночника определены наборы диагностических параметров. Эти наборы в своей совокупности характеризуют основные патологические состояния позвонков поясничного отдела позвоночника: компрессионные и оскольчатые переломы, клиновидные деформации, ротации позвонков при сколиозе.

Все диагностические параметры вычисляются на основе точечных моделей поясничного отдела позвоночника, которые состоят из координат соответствующих характерных точек пяти поясничных позвонков, крестца и нижнего грудного позвонка.

Линейные рентгенометрические параметры позвонков (диаметры, высоты, смещения) определяются как расстояние между определенными характерными точками или как расстояние от характерной точки до прямой, проходящей через две другие характерные точки. Значения этих параметров в миллиметрах зависят от разрешающей способности рентгеновской пленки (число пикселей в мм на пленке). При выборе рентгенограммы пользователь обязательно должен указать это значение. Несоответствие размера пикселя на пленке может дать ошибочные результаты при вычислении параметров. Например, пленка PHILIPS — 9,95 п/мм, а пленка CR — 5,8 п/мм.

Некоторые нарушения в строении позвонков характеризуются отношением фактического значения определенного параметра к значению его нормы. Параметры нормы зависят от индивидуальных данных и определяются отдельно для каждого пациента.

В программе вычисление диагностических параметров и параметров вентральной и дорсальной фиксации поясничного отдела позвоночника осуществляется на основе координат характерных точек позвонков точечной 3D модели поясничного отдела позвоночника. Если произведена разметка только одной проекции, то вычисление параметров производится по координатам точек только этой проекции. Параметры отображаются в диалоговом окне для каждой проекции.

Раздел «Параметры позвонков» содержит два пункта:

- «Прямая проекция»;
- «Боковая проекция».

При выборе данных пунктов на экране отображается диалоговое окно, которое содержит:

- поле с изображением схемы позвонков поясничного отдела позвоночника, которая построена на основе введенных характерных точек позвонков;
- таблицу вычисленных параметров позвонков L1-L5;
- таблицу вычисленных параметров позвоночника;
- поле графической схемы определения параметра;
- текст заключения о нарушениях в строении как отдельных позвонков, так и позвоночника в целом.
- кнопку «Печать»;
- кнопку «Word»;
- кнопку «Справка»;
- кнопку «Заккрыть»;
- кнопку «Excel».

При перемещении курсора по строкам таблиц параметров позвонков и позвоночника на экране отображается графическая схема определения соответствующего параметра.

При нажатии кнопки «Печать» на экране появляется стандартное окно Windows «Печать», позволяющее пользователю распечатать полученные результаты анализа.

Кнопка «Word» предназначена для передачи сформированной информации в документ Microsoft Office Word 2003.

Кнопка «Excel» предназначена для записи значений параметров позвонков и позвоночника в файл формата «Excel». Имя файла совпадает с именем файла рентгенограммы и имеет расширение xls. Файл записывается в тот же каталог, где расположен файл с рентгенограммой.

При нажатии клавиши «Справка» на экране появляется окно справочной информации о параметрах позвонка и позвоночника для боковой или прямой проекции.

Состояние экрана при выборе пункта «Прямая проекция» представлено на рисунке 20, а при выборе «Боковая проекция» — на рисунке 21.

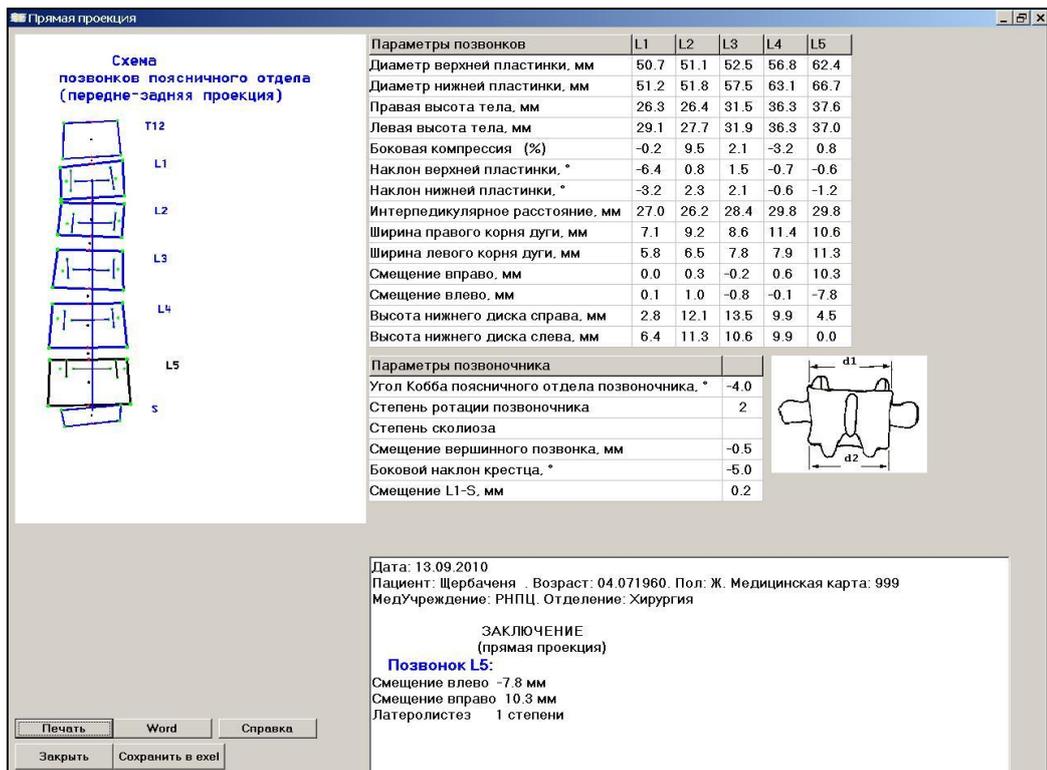


Рисунок 20 — Параметры позвонков и позвоночника на прямой проекции

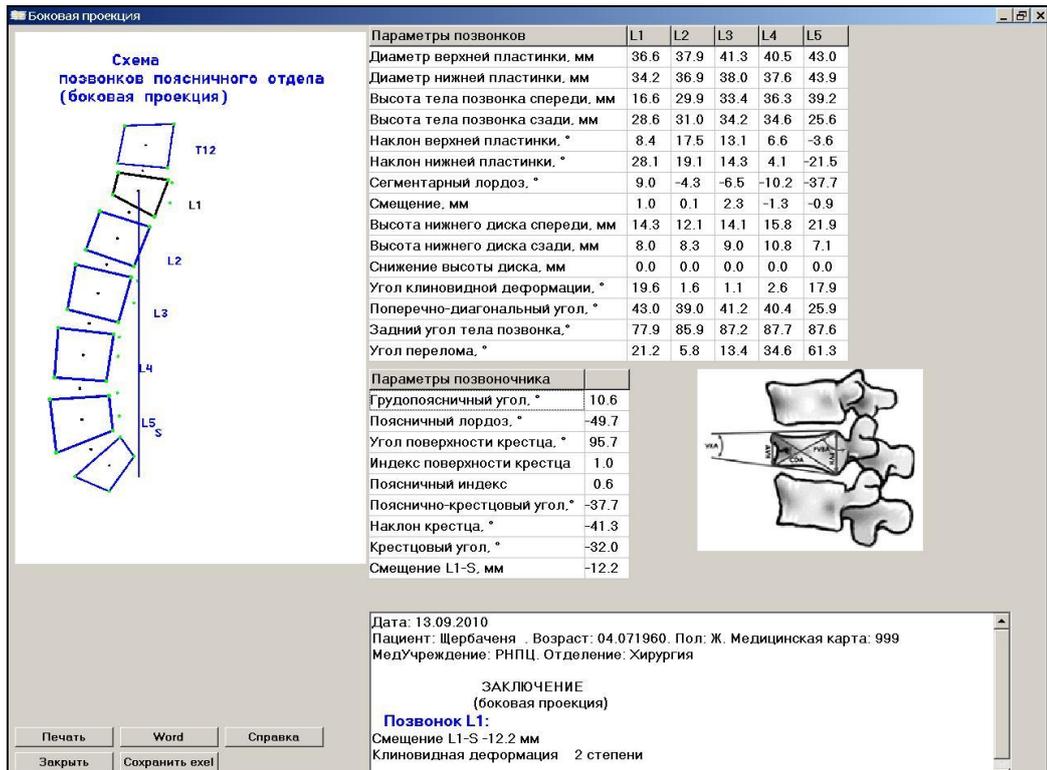


Рисунок 21 — Параметры позвонков и позвоночника на боковой проекции

Фиксация позвонков

Раздел предназначен для определения необходимых длин комплектующих узлов вентральных или дорсальных фиксаторов.

Раздел содержит четыре пункта:

- «Схемы фиксации»;
- «Фиксируемые позвонки»;
- «Параметры фиксаторов»;
- «Сохранить схему фиксации».

Состояние экрана при выборе раздела меню «Фиксация позвонков» представлено на рисунке 22.

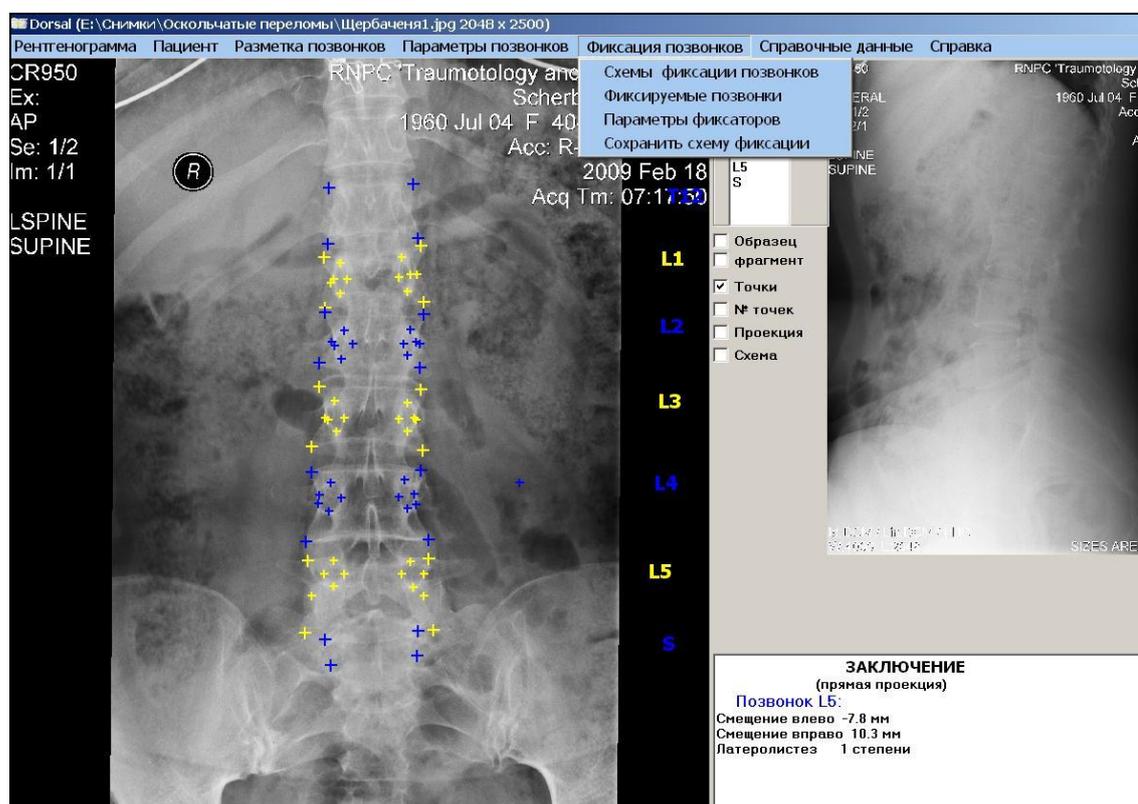


Рисунок 22 — Вызов раздела меню «Фиксация позвонков»

При выборе пункта «Схемы фиксации» на экране отображается диалоговое окно, в котором пользователю необходимо указать, будет ли производиться фиксация позвонков, выбрать вид фиксации (вентральная или дорсальная), указать число групп фиксируемых позвонков (одна или две). При нажатии клавиши «ОК» выбранные значения принимаются, по клавише «Отмена» — игнорируются.

Вид диалогового окна представлен на рисунке 23.

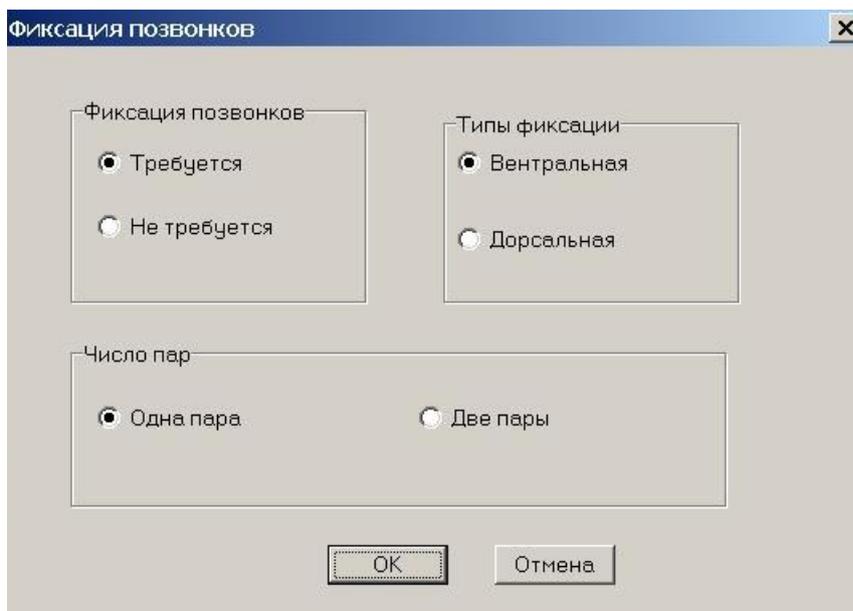


Рисунок 23 — Выбор вида фиксации позвонков

Пункт «Фиксируемые позвонки» позволяет указать уровни позвонков в группе.

При вентральной фиксации позвонков в диалоговом окне для каждой пары фиксируемых позвонков необходимо выбрать из предлагаемого списка позвонков необходимые (подвести курсор к «радио-кнопке» с обозначением уровня позвонка и нажать левую кнопку мыши); указать сторону фиксации (справа или слева); выбрать из предлагаемого списка тип используемой пластины. При нажатии клавиши «ОК» выбранные значения принимаются, по клавише «Отмена» — игнорируются.

Вид диалогового окна представлен на рисунке 24.

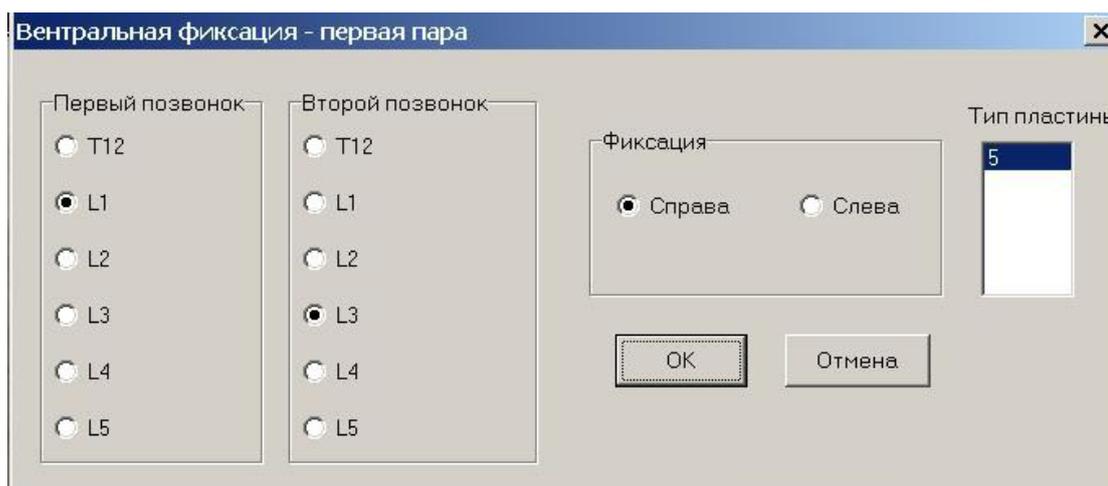


Рисунок 24 — Выбор уровня позвонков при вентральной фиксации позвонков

При дорсальной фиксации позвонков в диалоговом окне (рисунок 25) для каждой группы фиксируемых позвонков необходимо отметить в предлагаемом списке позвонков, фиксируемые позвонки (подвести курсор к флажку-

переключателю с обозначением уровня позвонка и нажать левую кнопку мыши, при этом уровень позвонка в окне отметится галочкой). При нажатии клавиши «ОК» выбранные значения принимаются, по клавише «Отмена» — игнорируются.

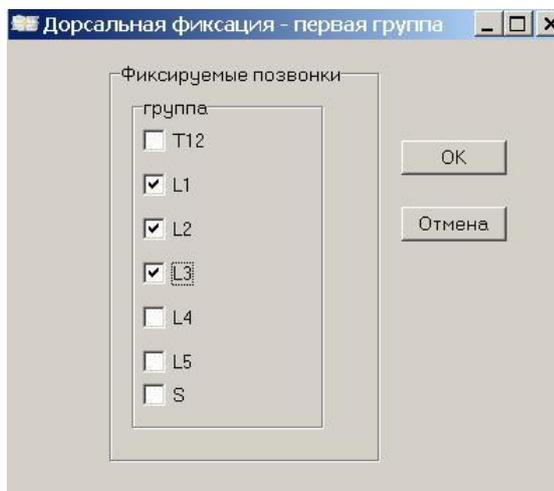


Рисунок 25 — Выбор уровня позвонков при дорсальной фиксации позвонков

Пункт «Параметры фиксаторов» обеспечивает вычисление оптимальных параметров фиксации. При его выборе на экране отображается диалоговое окно.

В диалоговом окне отображаются параметры элементов металлоконструкции, схема принятой фиксации, список принятых значений типоразмеров узлов и конструктивных элементов конструкции. Окно содержит кнопки «Печать», «Word», «ОК».

При нажатии кнопки «Печать» на экране появляется стандартное окно Windows «Печать», позволяющее пользователю распечатать полученные результаты при расчете.

Кнопка «Word» предназначена для передачи сформированной информации в документ Microsoft Office Word 2003.

Кнопка «ОК» предназначена для выхода в главное окно программы.

При вентральной фиксации вычисляются следующие параметры для каждой пары фиксируемых позвонков:

- длины винтов для каждого позвонка;
- длина пластины;
- длина имплантата;
- угол клиновидности имплантата.

Вид диалогового окна при вычислении параметров вентральной фиксации представлен на рисунке 26.

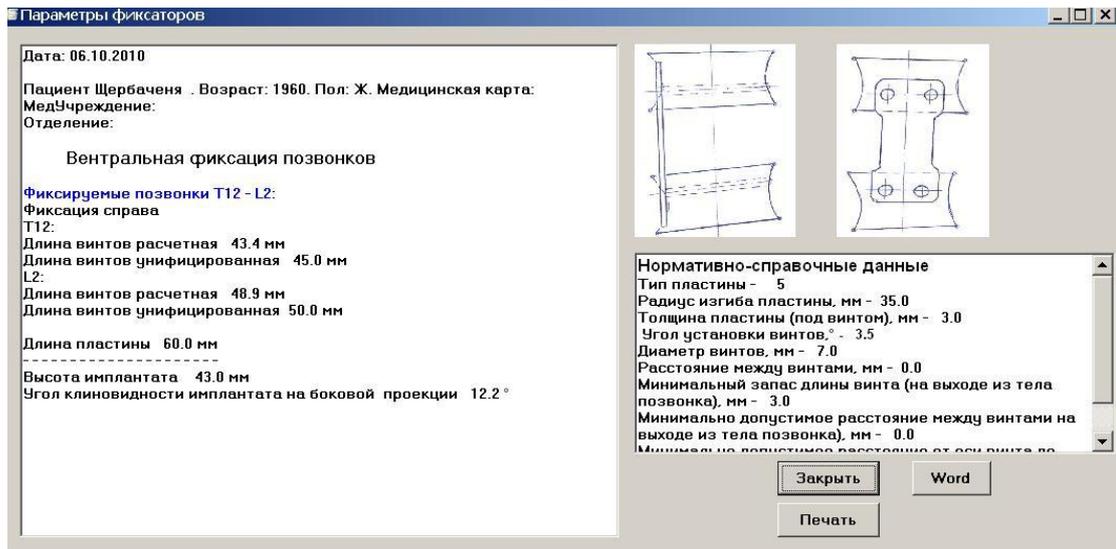


Рисунок 26 — Результаты расчета параметров вентральной фиксации позвонков

При дорсальной фиксации вычисляются следующие параметры для каждой группы фиксируемых позвонков:

- длины диаметров винтов для каждого позвонка;
- длины винтов для каждого позвонка;
- длина штанги.

Вид диалогового окна при вычислении параметров дорсальной фиксации представлен на рисунке 27.

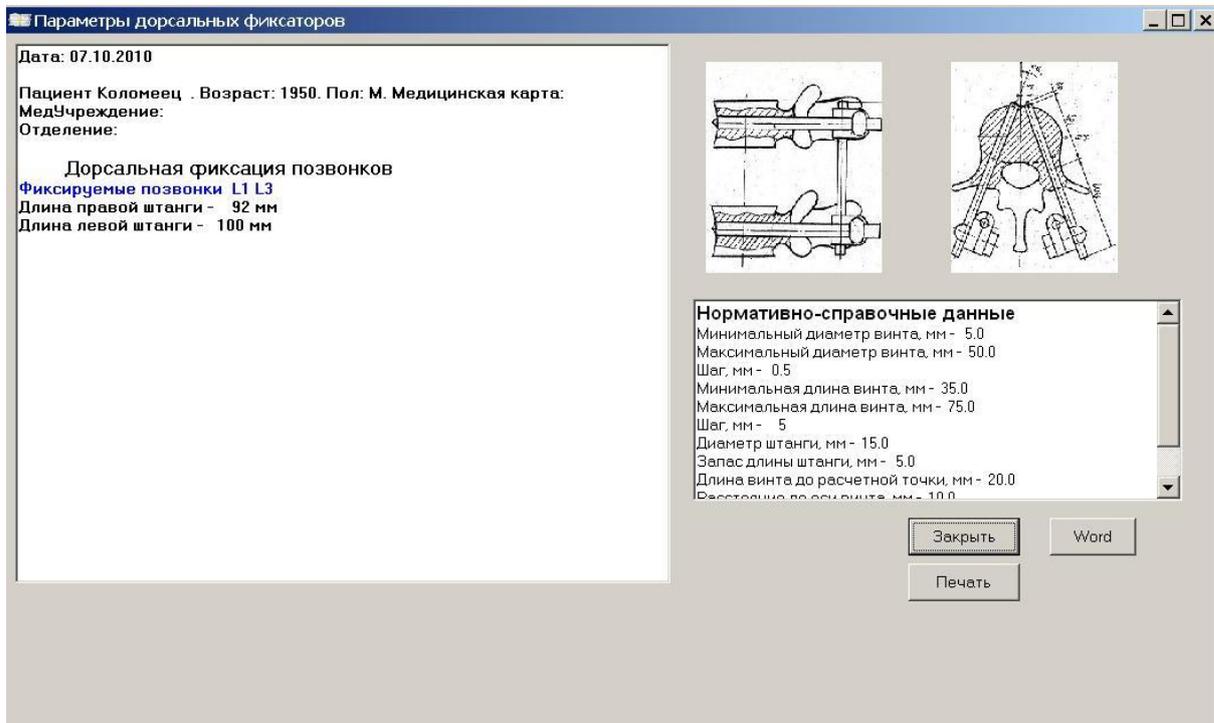


Рисунок 27 — Результаты расчета параметров дорсальной фиксации позвонков

Нормативно-справочные данные

Нормативно-справочная база включает три файла:

- mastab.cds;
- plastina.cds;
- stanga.cds.

В файлах содержится следующая нормативно- справочная информация:

1. Файл «mastab.cds»:

- коэффициенты смещения координатных осей на прямой и боковой проекции — 20 мм;
- осредненные коэффициенты сужения «талии» позвонков T12, L1, L2, L3, L4, L5 по сравнению с полусуммой оснований на прямой и боковой проекциях — 0,85;
- коэффициенты отношения малых полуосей эллипсов, аппроксимирующих контуры верхней и нижней поверхностей позвонка на боковой проекции — 0,85;

2. Файл «plastina.cds»:

- тип пластины — 5;
- радиус изгиба пластины — 35 мм;
- толщина пластины (под головкой винта) — 3 мм;
- унифицированная минимальная длина пластины — 35 мм;
- унифицированная максимальная длина пластины — 100 мм;
- шаг длины пластины — 5 мм;
- угол установки винтов (1/2 угла по чертежу) — 3,5°;
- диаметр винтов — 7 мм;
- расстояние между винтами (внутреннее) — 12 мм;
- унифицированная минимальная длина винта — 25 мм;
- унифицированная максимальная длина винта — 65 мм;
- шаг длины винта — 5 мм;
- минимальный запас длины винта на выходе из тела позвонка — 3 мм.
- минимально допустимое расстояние между винтами на выходе из тела позвонка в зависимости от диаметра винта — 5 мм;
- минимально допустимое расстояние от оси винта до края эллипса по малой полуоси — 8,5 мм;

3. Файл — «stanga.cds»:

- унифицированный минимальный диаметр винта — 5 мм;
- унифицированный максимальный диаметр винта — 50 мм;
- шаг диаметра винта — 0,5 мм;
- унифицированная минимальная длина винта — 35 мм;
- унифицированная максимальная длина винта — 75 мм;
- шаг длины винта — 0,5 мм;
- диаметр штанги — 15 мм;
- запас длины штанги — 5 мм;
- длина винта до расчетной точки его входа в позвонок — 20 мм;
- расстояние от малой полуоси эллипса «талии» позвонка до оси винта на его выходе из позвонка — 10 мм;
- минимальный запас длины винта на выходе из тела позвонка — 3 мм.

Корректировка и визуализация данных

Для корректировки нормативно-справочной информации служит раздел меню «Справочные данные». Он содержит следующие разделы:

- «коэффициенты позвонков»;
- «вентральная фиксация»;
- «дорсальная фиксация».

Корректировку значений параметров пользователь может производить до вызова рентгенограмм, а также во время работы с рентгенограммами.

При выборе этих пунктов меню на экране отображается соответствующее диалоговое окно, которое содержит таблицу значений параметров. Для корректировки параметра необходимо подвести курсор мыши к необходимому параметру и заменить его. По кнопке «ОК» изменения записываются в файл, по кнопке «Отмена» — изменения игнорируются.

Пункт меню «Коэффициенты позвонков» предназначен для визуализации и корректировки значений масштабирующих коэффициентов позвонков на прямой и боковой проекциях, которые используются при формировании точечной 3D модели поясничного отдела позвоночника.

В диалоговом окне отображается таблица, которая содержит две строки. Одна строка содержит значения коэффициентов для боковой проекции, другая — для прямой. Пользователю предоставляется возможность изменить значения параметров, которые перечислены в 1).

Вид диалогового окна для корректировки масштабирующих параметров представлен на рисунке 28.

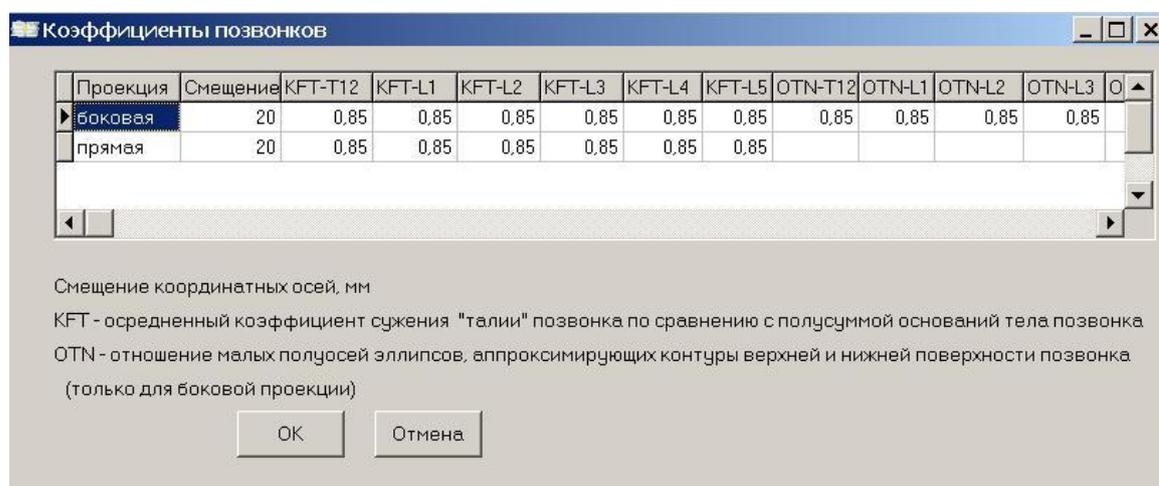


Рисунок 28 — Масштабирующие коэффициенты позвонков

Пункт меню «Вентральная фиксация» предназначен для визуализации и корректировки значений унифицированных характеристик вентральной конструкции и содержит два подпункта:

- «Параметры пластины»;
- «Параметры винтов».

При выборе первого подпункта пользователь может откорректировать унифицированные параметры пластины (рисунок 29), при выборе второго —

конструктивные характеристики винтов (рисунок 30). В текущей версии при вентральной фиксации позвонков используется только один тип пластины, характеристики перечислены в 2). Диалоговые окна содержат таблицу параметров и навигатор для управления таблицей. Для добавления в файл «plastina.cds» других типов пластин и их характеристик пользователю необходимо в диалоговом окне нажать клавишу, обозначенную знаком «+». После нажатия клавиши в таблицу добавится пустая строка, в которую необходимо ввести новые данные. При нажатии клавиши «←» текущая строка в таблице удаляется. Для ввода и корректировки данных обязательно выполнение обоих пунктов.

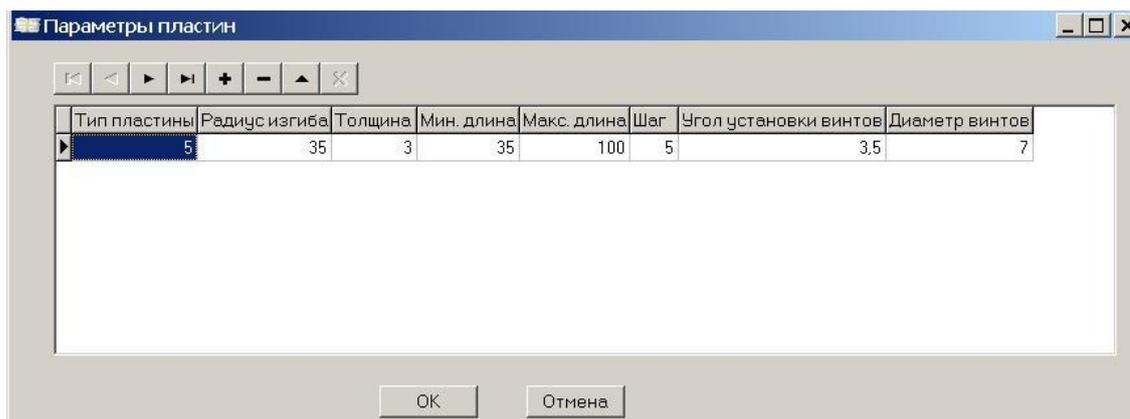


Рисунок 29 — Конструктивные параметры пластины

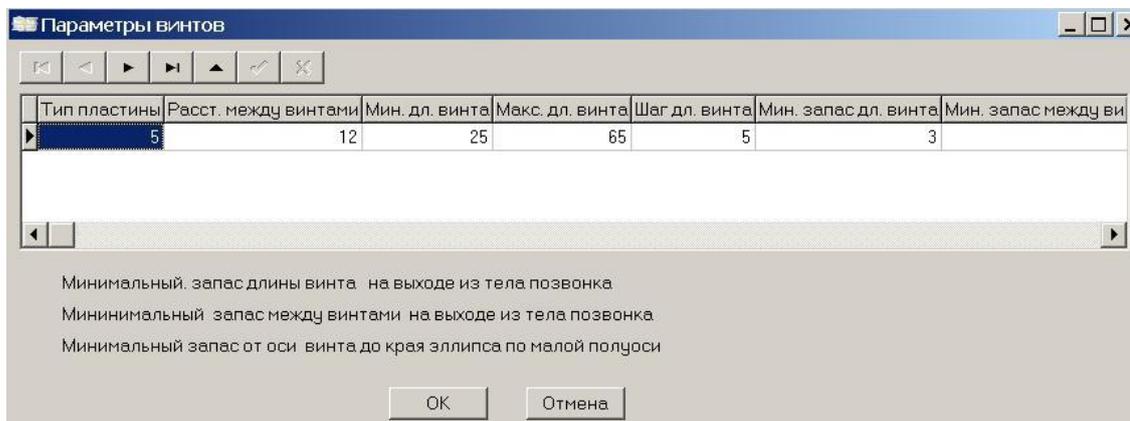


Рисунок 30 — Конструктивные параметры винтов

Пункт меню «Дорсальная фиксация» предназначен для визуализации и корректировки значений унифицированных характеристик дорсальной металлоконструкции (рисунок 31).

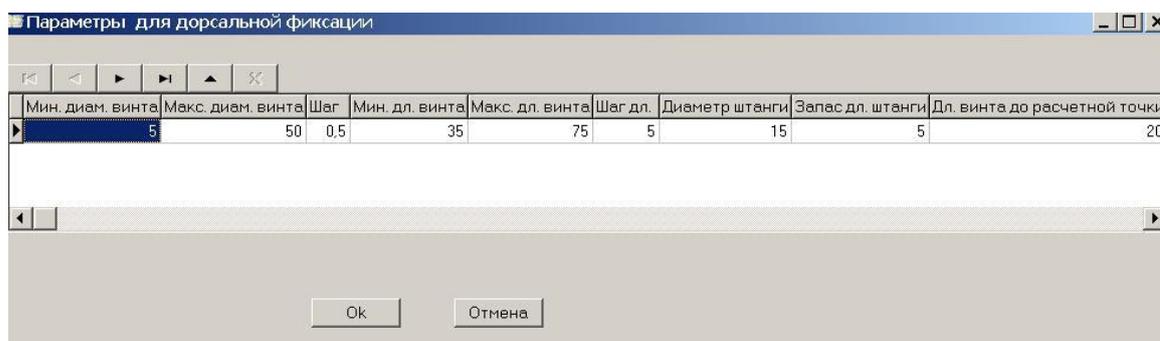


Рисунок 31 — Конструктивные параметры дорсальной конструкции

ПЕРЕЧЕНЬ ВОЗМОЖНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ИЛИ ОШИБОК ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Если на изображении рентгенограммы отображаются неверно характерные точки позвонков (например, пользователь для прямой проекции выбрал тип — боковая проекция), то необходимо выполнить пункт меню «Удалить файл с разметкой» раздела «Разметка» и повторить открытие файла с изображением рентгенограммы.

Если на изображении рентгенограммы указаны не все характерные точки позвонков, то при выборе пунктов меню «Прямая проекция» или «Боковая проекция» раздела меню «Параметры позвонков» пункта меню программа выдает сообщение «Не все размечены точки позвонков ...», и расчет диагностических параметров или параметров фиксаторов не производится. Пользователю необходимо проверить разметку указанных позвонков. Для этого следует выбрать в списке «Позвонок» необходимый уровень позвонка, включить флажки «№ точек», «Образец» и проверить правильность указания характерных точек. На изображении позвонка указать недостающие точки или удалить точки позвонка по пункту «Удалить точки позвонка» раздела меню «Разметка» и провести разметку позвонка заново.

Выход программы из строя

Если программа перестала работать или начала работать некорректно, попробуйте выйти из программы, закрыв окно программы, а затем запустить ее заново.

Если это не получается сделать, перезагрузите компьютер, а затем запустите программу заново.

Еще одной причиной некорректной работы может быть отсутствие свободного места на компьютере. Удалите ненужные данные и попробуйте работать снова.