

Протокол проверки точности измерений на фантоме CatPhan

Программа для ЭВМ «Кактус DICOM Viewer», версия 2026.10.34 · 21.10.2026

Объект проверки	«Кактус DICOM Viewer» 2026.10.34, сборка Windows 10/11 x64 (Electron 31.7.7); штатные функции измерения, которыми пользуется врач: длина, угол, круг (средний НУ и площадь)
Исполнитель	Разработчик, Темников О.А.
Статус документа	Внутренняя проверка разработчика. Не является испытаниями медицинского изделия: программа предназначена для исследовательских и учебных целей (Research Use Only)
Как повторить	<code>node tests/e2e/catphan.js --report tests/reports/catphan.json</code> , затем <code>npm run protocols</code> (исходный код и эталоны - в репозитории программы)

1. Цель

Убедиться, что «Кактус» правильно переводит пиксели в миллиметры, градусы и единицы Хаунсфилда на снимках настоящего компьютерного томографа, и что результат совпадает с независимой программой контроля качества КТ.

2. Объект измерения - фантом CatPhan

CatPhan (The Phantom Laboratory) - пластиковый фантом для контроля качества КТ. Используется модуль СТР404: четыре метки в углах квадрата со стороной 50 мм и вставки из материалов известной плотности. Данные - демонстрационные наборы КТ фантомов CatPhan 504 и CatPhan 604 из открытой программы `pylinac` (персональных данных нет).

3. Средства

- `pylinac 3.49.0`** - открытая программа контроля качества КТ (Python). Независимо находит на срезе центры меток и вставок, измеряет стороны квадрата и НУ. Её координаты задают, где измерять.
- `numpy / pydicom`** - средний НУ по тем же пикселям круга, что и у программы: проверка арифметики без округлений.
- «Кактус»** - функции программы `lenText` (длина), `angleDeg` (угол), `roiStats` (круг): те же, что срабатывают при измерении мышью на экране. Программа запускается в обычном режиме, данные открываются как у врача.

4. Методика

- `pylinac` анализирует набор и сообщает: номер среза СТР404, координаты центров четырёх меток и вставок (в пикселях), длины сторон в мм.
- «Кактус» открывает весь набор, на этом срезе измеряет четыре стороны квадрата по центрам меток, угол в верхнем левом углу квадрата и средний НУ в круге внутри каждой вставки (радиус 80 % от круга `pylinac`, чтобы не задеть край вставки).

3. Те же круги считаются в пипру по исходным пикселям файла.
4. Отдельно - задачи с заранее известным ответом для прямоугольного пикселя 0,25 × 0,5 мм (как у реконструкций MPR): длины, угол 45°, угол Кобба 30°, подпись в пикселях при отсутствии размера пикселя.

5. Критерии

Величина	Критерий	Почему так
Длина стороны	$ \text{«Кактус»} - \text{pylinac} \leq 0,06 \text{ мм}$ и $ \text{«Кактус»} - 50 \text{ мм} \leq 0,5 \text{ мм}$	Программа подписывает длину с одним знаком после запятой (округление до 0,05 мм); 0,5 мм - около одного пикселя на этих снимках
Угол квадрата	$90^\circ \pm 0,5^\circ$	Метки - углы квадрата
HU в круге	$ \text{«Кактус»} - \text{pumpu} \leq 1 \text{ HU}$ и $ \text{«Кактус»} - \text{pylinac} \leq 8 \text{ HU}$	pumpu - те же пиксели (проверка арифметики); pylinac берёт медиану по кругу большего радиуса
Площадь круга	$\pm 3 \% \text{ от } \pi r^2$	Круг на сетке пикселей

Отклонение HU от номинала фантома приводится для сведения: оно определяется калибровкой томографа, а не программой просмотра.

6. Результаты

6.1. CatPhan504

Срез в наборе: 64, открыто программой: 64. Размер пикселя по файлу: 0,4883 × 0,4883 мм. Срез модуля CTP404: CatPhan504/CT.1.2.246.352.63.1.5401512045945835147.16659656049063764631.dcm .

Длина: стороны квадрата 50 × 50 мм между центрами меток

Сторона	«Кактус», мм	pylinac, мм	Номинал, мм	Отклонение от номинала, мм	Итог
Верхняя сторона	49,9	49,95	50,0	-0,1	соответствует
Нижняя сторона	50,0	49,99	50,0	0,0	соответствует
Левая сторона	50,0	49,99	50,0	0,0	соответствует
Правая сторона	49,9	49,92	50,0	-0,1	соответствует

Угол между верхней и левой сторонами (функция «Угол» программы): **90,05°** при номинале 90° - соответствует.

Плотность: средний HU в круге внутри вставки

Материал	«Кактус», HU	numru, HU	pylinac, HU	Номинал, HU	«Кактус» – номинал	Площадь, см ² (программа / πr ²)	Итог
Воздух	-998,6	-998,6	-998	-1000	1	0,496 / 0,503	соответствует
Полиметилпентен (PMP)	-200,8	-200,8	-200	-196	-5	0,503 / 0,503	соответствует
Полиэтилен низкой плотности (LDPE)	-102,8	-102,8	-102	-104	1	0,501 / 0,503	соответствует
Полистирол	-44,3	-44,3	-45	-47	3	0,501 / 0,503	соответствует
Акрил (PMMA)	116,2	116,2	115	115	1	0,496 / 0,503	соответствует
Делрин (POM)	340,8	340,8	340	365	-24	0,505 / 0,503	соответствует
Тефлон (PTFE)	996,8	996,8	997	1000	-3	0,503 / 0,503	соответствует

6.2. CatPhan604

Срез в наборе: 93, открыто программой: 93. Размер пикселя по файлу: 0,5112 × 0,5112 мм. Срез модуля CTP404: CatPhan604/CT.CP600.Image 48.dcm .

Длина: стороны квадрата 50 × 50 мм между центрами меток

Сторона	«Кактус», мм	pylinac, мм	Номинал, мм	Отклонение от номинала, мм	Итог
Верхняя сторона	50,0	50,00	50,0	0,0	соответствует
Нижняя сторона	50,0	50,01	50,0	0,0	соответствует
Левая сторона	50,0	49,98	50,0	0,0	соответствует
Правая сторона	50,0	49,98	50,0	0,0	соответствует

Угол между верхней и левой сторонами (функция «Угол» программы): **89,93°** при номинале 90° - соответствует.

Плотность: средний HU в круге внутри вставки

Материал	«Кактус», HU	numru, HU	pylinac, HU	Номинал, HU	«Кактус» – номинал	Площадь, см ² (программа / πr ²)	Итог
Воздух	-985,1	-985,1	-982	-1000	15	0,497 / 0,503	соответствует
Полиметилпентен (PMP)	-194,7	-194,7	-193	-196	1	0,507 / 0,503	соответствует
Кость 50 %	774,1	774,1	769	725	49	0,510 / 0,503	соответствует

Полиэтилен низкой плотности (LDPE)	-104,8	-104,8	-104	-104	-1	0,502 / 0,503	соответствует
Полистирол	-47,5	-47,5	-46	-47	-1	0,504 / 0,503	соответствует
Акрил (PMMA)	103,1	103,1	106	115	-12	0,512 / 0,503	соответствует
Кость 20 %	261,6	261,6	261	237	25	0,507 / 0,503	соответствует
Делрин (POM)	340,8	340,8	342	365	-24	0,504 / 0,503	соответствует
Тефлон (PTFE)	949,3	949,3	945	1000	-51	0,510 / 0,503	соответствует

6.3. Прямоугольный пиксель 0,25 × 0,5 мм

Задача	Ожидается	«Кактус»
100 пикселей по горизонтали	25,0 мм	25.0 мм
100 пикселей по вертикали	50,0 мм	50.0 мм
Отрезок (120, 40) пикселей	36,1 мм	36.1 мм
Угол, на экране 45°	45,0°	45,00°
Угол Кобба, на экране 30°	30,0°	30,00°
Нет размера пикселя: отрезок 3-4-5	50,0 px	50.0 px

7. Что нашла проверка и что исправлено

- **Угол и угол Кобба на реконструкциях считались неверно** (исправлено в 2026.10.33). У корональных и сагиттальных реконструкций пиксель прямоугольный, экран показывает их в правильных пропорциях, а угол считался по пикселям: 45° на экране давали 26,6°. Теперь угол считается в миллиметрах. На обычных срезах КТ и рентгенограммах значения не изменились (пиксель квадратный).
- **Из 64 срезов CatPhan 504 открывался один** (исправлено в 2026.10.33). У всех срезов набора одинаковый идентификатор SOP Instance UID (так бывает после неаккуратного обезличивания), и программа считала их повторами. Теперь повтором считается только снимок с тем же идентификатором, положением и номером.

8. Ограничения

- Два набора, по одному томографу на фантом; не проверены другие производители, толщины среза и ядра реконструкции.
- Проверены длина, угол, круг на аксиальном срезе. Не проверены на фантоме: точность реконструкций MPR (только арифметика прямоугольного пикселя), косые срезы, объёмы, 3D, измерения на рентгенограммах и при ручной калибровке.
- Место измерения задаёт рулпас, а не рука врача: проверяется вычисление, а не точность установки курсора.

9. Заключение

Выполнено проверок: 37, соответствуют критериям: 37. Измерения длины, угла, HU и площади в «Кактусе» 2026.10.34 совпадают с независимым расчётом и номиналом фантома в пределах критериев.