

Обосновка на радиационната защита
към технически проект

съгласно чл. 14 от Наредбата за радиационна защита при дейности с източници на
йонизиращи лъчения

ОБЕКТ:	УМБАЛСМ „Н. И. Пирогов“ ЕАД гр. София, бул. Тотлебен № 21 Рентгенов кабинет за компютър-томографски изследвания гр. София, бул. Тотлебен № 21, Основна сграда, ет. 2
ЧАСТИ:	Анализ и оценка на радиационната защита (чл. 14, ал. 2 от НРЗДИЙЛ) Мерки за радиационната защита (чл. 78 от ПРИЛРБИЯЕ) Изчислителна записка
ФАЗА:	Работна
ВЪЗЛОЖИТЕЛ:	„Софарма трейдинг“ АД
ЗАПОЧНАТ НА:	21.08.2017 г.
ЗАВЪРШЕН НА:	28.08.2017 г.
ИЗГОТВИЛ:	Мед. физик Г. Рашев дипл. № 200677/2010 СУ
ПРОВЕРИЛ:	инж. Д. Димитрова дипл. № 044678/2000 ЛТУ
УПРАВИТЕЛ НА ГАМАКОНСУЛТ ЕООД:	(П.Тодоров)

СЪДЪРЖАНИЕ	
	Стр.
Обяснителна записка	3
1. Предмет	3
2. Нормативни документи	3
3. Рентгенова уредба	3
I. Анализ и оценка на радиационната защита	4
1. Медицинска технология	4
2. Описание на площадката за проектиране	4
3. Разположение на рентгеновата уредба	5
4. Анализ на радиационните въздействия	6
5. Методика за проектиране на лъчезащита	6
II. Мерки за радиационна защита	7
1. Лъчезащитни решения	7
2. Индивидуални лъчезащитни средства	7
3. Технически и организационни мерки за радиационна защита	8
4. Вентилационна система	9
5. Ел. хранване и заземление	9
6. Радиационен мониторинг	9
7. Количествена спецификация на лъчезащитните материали	10
Лъчезащитн изчислителна записка	11
Чертежи	
Ситуация преди преустройство	1/6
Разпределение и технологично обзавеждане (план)	2/6
Вертикален разрез	3/6
Лъчезащита – контролни точки (план)	4/6
Лъчезащита – контролни точки (разрез)	5/6
Лъчезащитни решения	6/6

ОБЯСНИТЕЛНА ЗАПИСКА

Предмет	Обосновка на радиационната защита към технически проект за преустройство на рентгенов кабинет за компютър-томографски изследвания към УМБАЛСМ „Н. И. Пирогов“ ЕАД, гр. София, бул. Тотлебен № 21.
Нормативни документи	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наредба за основни норми за радиационна защита (НОНРЗ-2012), ПМС № 229 от 25.09.2012 г.; 2. Наредба за радиационна защита при дейност с източници на йонизиращи лъчения, ПМС № 200 от 04.08.2004 г., изм. и доп. ДВ бр. 76 от 5 Октомври 2012 г.; 3. Наредба № 13 от 16.12.2016 г. за осигуряване на радиационна защита при работа с рентгенови уредби за медицински цели; 4. Методика за проектиране на лъчезащита DIN 6812–2002.
Рентгенова уредба	<p>Предвижда се монтаж и експлоатация на рентгенова уредба за компютър-томографски изследвания Optima CT520 / GE Healthcare със следните основни технически характеристики:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Максимално анодно напрежение: 140 kV • Максимален аноден ток: 350 mA

ЧАСТ I	Анализ и оценка на радиационната защита съгласно чл. 14, ал. 2 от Наредбата за радиационна защита при дейности с източници на йонизиращи лъчения
1. Медицинска технология	Медицинска технология съгласно МС Образна диагностика – компютър-томографски изследвания.
2. Описание на площадката за проектиране	<p>Рентгеновият кабинет е разположен на втория етаж на основната болнична сграда и ще функционира към отделение по стационарна образна диагностика.</p> <p>Рентгеновият кабинет е съществуващ и се състои от процедурно помещение, командно помещение и съблекалня, чието разположение е представено на чертеж 1/6 към обосновката. В кабинетът е функционирала рентгенова уредба за компютър-томографски изследвания Secura / Philips, която към настоящия момент е демонтирана.</p> <p>В рентгеновия кабинет се планира следното преустройство:</p> <ul style="list-style-type: none"> • обособяване на част от процедурното помещение в ново командно помещение; • сливане на съществуващата съблекалня с новото командно помещение; • промяна предназначението на старото командно помещение в кабинет за разчитане. <p>След извършване на преустройство, процедурното помещение ще бъде с площ 28,9 m² и напречни размери 4,83 x 6,30 m в най-широките си части, а командното помещение – съответно 10,9 m² и 1,82 x 6,20 m. Светлата височина на помещенията е 3,00 m.</p> <p>В процедурното помещение ще се обособи пространство за събличане на пациенти, заградено с параван.</p> <p>След преустройство процедурното помещение на рентгеновия кабинет ще граничи със следните помещения: командно помещение, кабинет за разчитане, коридор, отделение по спешна образна диагностика (отдолу) и болнични стаи (отгоре).</p>

Преградните стени са изградени от плътни тухли с дебелини 12 и 25 cm и са измазани с баритова мазилка с минимална дебелина 2,0 cm. Съществуващите врати са с вложено оловно фолио с дебелина 2,0 mm. Междуетажните плочи са изградени от стоманобетон с дебелина 15 cm и замазки с дебелини 15 и 9 cm, съответно на долната и горна плочи.

В процедурното помещение ще бъдат осигурени следните функционални връзки:

- директен вход от командно към процедурно помещение;
- вход от коридор към командно помещение с възможност за преминаване на легла и колички;
- прозорец за наблюдение, монтиран в стената между командното и процедурно помещения и телевизионна уредба, монтирана на стената между коридора и процедурното помещение за осигуряване на пълен визуален контакт с пациента.

Разположението на помещенията след преустройство, новите стени, отворите, подлежащи на зазидване, вратите, подлежащи на монтаж и демонтаж и стените, които ще бъдат разрушени са представени на чертеж 2/6 към обосновката.

3. Разположение на рентгеновата уредба

В процедурното помещение ще бъдат монтирани гентритото, пациентната маса, рентгеново ел. табло и високоволтовия генератор на уредбата.

Разположението на рентгеновата уредба в процедурното помещение е съобразено със следните нормативни изисквания:

- между краищата на всички части на уредбата и стените на процедурното помещение са осигурени технологични проходи с ширини не по-малки от 1 m;
- изоцентърът на уредбата отстои на разстояние по-голямо от 2,0 m от всички околни стени и други разсейващи обекти с

повърхнина, по-голяма от 1 m².

В командното помещение ще бъдат монтирани работно бюро и командната конзола на уредбата.

В кабинета за разчитане е ситуирана станцията за разчитане към рентгеновата уредба.

Разположението на всички компоненти на рентгеновата уредба е отразено на чертеж 2/6 към обосновката.

4. Анализ на радиационните въздействия

Източник на йонизиращо лъчение е рентгеновата уредба.

Поради разположението на преобразувателят на образа (детекторната система на уредбата) на пътя на рентгеновото лъчение, не се разглежда случай на облъчване с пряко рентгеново лъчение.

Облъчването е с разсеяно от пациента рентгеново лъчение.

5. Методика за проектиране на лъчезащита

Използваната методика за проектиране на лъчезащитата е DIN 6812 – 2002.

Факторите на заетост, разстоянието от фокуса на тръбата до центъра на разсейващото тяло, седмичното натоварване, анодното напрежение и лъчевия дебит са съгласно Наредба № 13. Останалите изчислителни параметри и оловни еквиваленти на строителни материали се съгласно DIN 6812 – 2002.

Контролните стойности са определени съгласно заложените в НОНРЗ-2012 граници на годишни ефективни дози, прилагайки съответните коефициенти на сигурност, седмично натоварване на рентгеновата уредба, фактори на заетост и фактор на облъчване за всяка контролна точка.

ЧАСТ II	Мерки за радиационна защита съгласно чл. 78 от Наредбата за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия
1. Лъчезащитни решения	<p>Съгласно лъчезащитната записка са необходими следните допълнителни лъчезащитни прегради:</p> <p>Л1 – новата стена между процедурното и командно помещение се изпълнява от трислоен гипсокартон Knauf Safebord;</p> <p>Л2 – прозореца за наблюдение на пациентите се изпълнява с оловно стъкло с оловен еквивалент 2,1 mm при 150 kV;</p> <p>Л3 – във вратата между процедурното и командно помещения се влага оловно фолио с дебелина 1,5 mm, поставено със застъпване в таблата, рамките и первазите;</p> <p>Л4 – във вратата между процедурното помещение и коридора се влага оловно фолио с дебелина 2,0 mm, поставено със застъпване в таблата, рамките и первазите;</p> <p>Л5 – съществуващата стена между процедурното помещение и кабинета за разчитане се покрива с трислоен гипсокартон Knauf Safeboard;</p> <p>Л6 – отворите, подлежащи на зазиждане се запълват с плътни тухли с дебелина 12 cm и петслоен гипсокартон Knauf Safeboard;</p> <p>Л7 – във вратата между процедурното помещение и кабинета за разчитане се влага оловно фолио с дебелина 3,0 mm, поставено със застъпване в таблата, рамките и первазите.</p> <p>Всички съществуващи лъчезащитни прегради се ревизират за наличие на нехомогенности, скъсвания, просвети и пр. и при необходимост се възстановяват и допълват до настоящите лъчезащитни решения.</p> <p>Контролните точки и настоящите лъчезащитни решения са отразени в чертежи 4/6-6/6 към обосновката.</p>
2. Индивидуални лъчезащитни средства	<p>В рентгеновият кабинет се осигуряват следните индивидуални лъчезащитни средства:</p> <ul style="list-style-type: none"> лъчезащитна пола с оловен еквивалент 0,5 mm – 1 бр.; лъчезащитна престилка с оловен еквивалент 0,5 mm – 1 бр.;

- лъчезащитна яка с оловен еквивалент 0,5 mm – 1 бр.

**3. Технически и
организационни
мерки за
радиационна
защита**

Електрически блокировки на врати

На всяка от вратите към процедурното помещение се осигурява електрическа блокировка, прекъсваща генерирането на рентгеново лъчение при отварянето им.

Светлинни сигнализации

Осигуряват се светлинни сигнализации, които се задействат автоматично при генериране на рентгеново лъчение, монтирани над:

- вратата между коридора и процедурното помещение от страната на коридора;
- вратата между кабинета за разчитане и процедурното помещение от страната на кабинета за разчитане;
- вратата между коридора и командното помещение от страната на коридора.

Брави с топки

Монтират се брави с топки на следните врати:

- вратата между коридора и процедурното помещение от страната на коридора;
- вратата между кабинета за разчитане и процедурното помещение от страната на кабинета за разчитане;
- вратата между коридора и командното помещение от страната на коридора.

Знаци за радиационна опасност

Поставят се знаци за радиационна опасност на следните врати:

- вратата между коридора и процедурното помещение от страната на коридора;
- вратата между кабинета за разчитане и процедурното помещение от страната на кабинета за разчитане;
- вратата между коридора и командното помещение от страната на коридора.

Указателни табели

Осигуряват се табели указващи предназначението на съответните помещения, поставени на следните врати:

- вратата между коридора и процедурното помещение от страната на коридора;
- вратата между коридора и командното помещение от страната на коридора.

Зониране на обекта с ИЙЛ

Контролирана зона – процедурното и командно помещения на рентгеновия кабинет.

Надзиравана зона – всички съседно прилежащи помещения с контура на контролираната зона, включително тези, разположени отдолу и отгоре.

Описаните технически мерки за радиационна защита, както и границите на контролираната зона са отразени върху чертеж 6/6 към обосновката.

4. Вентилационна система В процедурното помещение на рентгеновия кабинет се изгражда принудителна вентилация, осигуряваща не по-малко от трикратен въздухообмен за час (дебит на въздушния поток, не по-нисък от $261 \text{ m}^3/\text{h}$).

5. Ел. захранване и заземление Ел. захранване на рентгеновата уредба се извършва по отделна токова линия с кабел със сечение, съобразено с консумираната от уредбата ел. мощност.

Електрозаземителната уредба се изгражда така, че максималното съпротивление към земя в точката на свързване да е не по-високо от 3 Ома.

6. Радиационен мониторинг Индивидуалният радиационен мониторинг на персонала се извършва съгласно Наредба 32 на МЗ (ДВ бр. 91/2005г.).

Общият радиационен мониторинг се извършва в точки и при контролни стойности, определени в лъчезащитните изчисления.

КОЛИЧЕСТВЕНА СПЕЦИФИКАЦИЯ НА
ЛЪЧЕЗАЩИТНИТЕ МАТЕРИАЛИ

Обозначение	Преграда	Материал	Дебелина	Количество
Л1	Стена	Кнауф Safeboard	Трислоен	12,3 m ²
Л2	Прозорец	Оловно стъкло 100 x 80 cm	2,1 mm Pb / 150 kV	1 бр.
Л3	Врата	Оловно фолио	1,5 mm	1,9 m ²
Л4	Врата	Оловно фолио	2,0 mm	3,5 m ²
Л5	Стена	Кнауф Safeboard	Трислоен	19,4 m ²
Л6	Отвори	Плътна тухла	12 cm	2,4 m ²
		Кнауф Safeboard	Петслоен	2,4 m ²
Л7	Врата	Оловно фолио	3,0 mm	1,9 m ²
Общо:		Кнауф Safeboard	Трислоен	31,7 m²
		Оловно стъкло 100 x 80 cm	2,1 mm Pb / 150 kV	1 бр.
		Оловно фолио	1,5 mm	1,9 m²
		Оловно фолио	2,0 mm	3,5 m²
		Плътна тухла	12 cm	2,4 m²
		Кнауф Safeboard	Петслоен	2,4 m²
		Оловно фолио	3,0 mm	1,9 m²

Лъчезащитна изчислителна записка

Изчислението на стационарните лъчезащитни прегради е извършено на базата на подхода, възприет в DIN 6812:2002-06 “Медицински рентгенови уредби до 300 kV – правила за пресмятане на лъчезащитата при строителство (отговарящо на ICS 11.040.50; 13.280), в съответствие с Директива 96/29/Euroatom на Съвета на Европа от 13.май 1996 г.) и при спазване на изискванията на ОНРЗ 2012 и Наредбата за радиационна защита при дейности с йонизиращи лъчения. Прилагането на коефициентите на сигурност към проектните стойности е съгласно указанията в писмо № 93-09-653/02.10.2004 на Агенцията за ядрено регулиране.

Термини и определения, възприети при проектирането:

Коефициент на отслабване (F): Коефициентът на отслабване на една преграда е отношението на дозата или мощността на дозата без преграда към дозата или мощността на дозата на същото място при наличието на преграда.

Седмично натоварване (W): Величина, характеризираща времето на използване на рентгеновата уредба и ефективната мощност, получавана от нея. Определя се като:

$$W = I \cdot t_E / t,$$

където I е големината на анодния ток в [mA], t_E е времето на използване на уредбата в минути [min] за времеви интервал t в седмици [w]. В таблица 1 са дадени стойности на W при съответни условия на качество на лъчението (номинални анодни напрежения и филтрации).

Характеристично разстояние (a): Разстоянието от фокуса на рентгеновата тръба до обекта или до изоцентъра на уредбата, прието за представително при пресмятане на базовия коефициент на отслабване.

Стандартни изходни данни: Данните, дадени в табл. 1, колони 2 – 5, за които на базата на дългогодишни измервания и анализи е доказано, че имат представителен характер по отношение на експлоатацията на рентгеновите уредби и с достатъчен запас на сигурност могат да бъдат използвани при пресмятане на лъчезащитата.

Лъчев добив (A): Величина, характеризираща рентгеновата тръба и данните, свързани с нея (анодно напрежение, филтрация), равна на очакваната еквивалентна доза за 1 [mA.min] на 1 [m] от фокуса на тръбата по оста на рентгеновия сноп. Измерва се в [mSv/mA.min].

Базов коефициент на отслабване (F₀): Коефициентът на отслабване, изчислен на базата на данни за рентгеновата уредба при отстояние до контролната точка 1 [m]. F_0 се определя като:

$$F_0 = k \cdot T \cdot W \cdot A / ГГД,$$

където W е седмичното натоварване в [mA.min], A – лъчевия добив в [mSv/mA.min], T – продължителността на работната година в седмици [w] (стандартно 50), k – коефициент на сигурност за съответната категория облъчвани лица и ГГД – годишната граница на дозата за съответната категория облъчвани лица.

Пряко лъчение: Лъчение, достигащо до контролната точка, без да среща на пътя си разсейващ обект. Реално пряко лъчение има при терапевтичните и графичните уредби, в

работните посоки на снопа, в случаите, когато няма автоматично блендиране на снопа. Във всички останали случаи на пътя на снопа има масивни елементи на рентгеновите уредби, служещи като разсейващи обекти.

Вредно лъчение: Лъчение, достигащо до контролната точка в резултат на взаимодействие с някакъв обект. Включва разсеяното (включително от пациента) лъчение и преминалото през защитата на хаубето лъчение.

Необходимата лъчезащитата от пряко и вредно лъчение се определя като първо се изчисляват коефициентите на отслабване на лъчението (пряко и вредно) в проектираната преграда, след което се определят осигуряващите ги оловни еквиваленти.

Коефициентът на отслабване от пряко лъчение се определя като:

$$F = (F_0 \cdot f_1 \cdot f_2) / x^2,$$

където F е коефициента на отслабване [безразмерен]; F_0 – базов коефициент на отслабване [безразмерен]; f_1 – коефициент, отразяващ предназначението на помещението и времето на престой на различните лица в него [безразмерен]. Стойностите на f_1 за различните помещения са дадени в Табл. 2; f_2 – е коефициент, отразяващ възможността за облъчване на конкретно помещение от повече от една рентгенова уредба [безразмерен]. Коефициентът има стойност „1” при облъчване на помещението само от една рентгенова уредба и стойност „2” при облъчване на помещението от повече от една рентгенови уредби; x – разстоянието от фокуса на рентгеновата тръба до контролната точка в [m];

Коефициентът на отслабване от вредно лъчение се определя като:

$$F = (F_0 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4) / (a^2 \cdot s^2),$$

където F е коефициента на отслабване [безразмерен]; F_0 – базов коефициент на отслабване [безразмерен]; f_1 – коефициент, отразяващ предназначението на помещението и времето на престой на различните лица в него [безразмерен]. Стойностите на f_1 за различните помещения са дадени в Таблица 2; f_2 – е коефициент, отразяващ възможността за облъчване на конкретно помещение от повече от една рентгенова уредба [безразмерен]. Коефициентът има стойност „1” при облъчване на помещението само от една рентгенова уредба и стойност „2” при облъчване на помещението от повече от една рентгенови уредби; f_3 – фактор на разсейване [безразмерен]. Стойностите на f_3 за различните рентгенови уредби е дадени в Таблица 3; f_4 – фактор за преминаване от разсеяно към вредно лъчение [безразмерен]. Стойностите на f_4 са представени в Таблица 4; a – характеристичното разстояние в [m]; s – разстоянието от разсейващия обект до контролната точка в [m].

Еквивалентните дебелини на използваните строителни материали са дадени в Таблица 5. Съответстващите на F оловни еквиваленти са дадени в Таблица 6.

Таблица 1. Изходни данни за рентгеновата уредба

Рентгенова уредба (тип)	Анодно напрежение U_A [kV]	a [m]	Седмично натоварване W [mA.min]	Лъчев дебит A [mSv/mA.min]
----------------------------	---------------------------------	------------	---	------------------------------------

Компютърна томография	120	0,5	20000	13
-----------------------	-----	-----	-------	----

Таблица 2. Фактори на заетост

Помещения и територии	f_1
Коридор	0,2
Командно помещение, кабинет за разчитане, долен етаж (отделение по спешна образна диагностика), горен етаж (болнични стаи)	1

Таблица 3. Фактор на разсейване

Рентгенова уредба	f_3
Компютърна томография	0,0001

Таблица 4. Фактор на преминаване от разсеяно към вредно лъчение

	f_4
Компютърна томография	3

Таблица 5. Еквивалентни дебелини на строителни материали

Анодно напрежение U [kV]		35	70	80	85	90	120
Строителен материал	Плътност [g/cm ³]	Еквивалентна дебелина [mm]					
олово (оловно стъкло)	11,7	1	1	1	1	1	1
бетон	2,3	127	80	80	85	85	85
плътна тухла	1,8	200	150	150	150	120	125
баритова мазилка	2,7	20	20	20	20	20	22
замазка	1,8	200	150	150	150	120	125
Knauf Safeboard	-	40	27	16,7	17,2	17,9	25

Таблица 6. Отслабване на рентгеново лъчение в олово

Олово [mm]	60 [kV]	70 [kV]	80 [kV]	90 [kV]	100 [kV]	120 [kV]
0,1	6,0	4,3	3,4	2,9	2,5	2,1
0,2	25	13	8,7	6,4	5,2	4,0
0,3	77	33	18	12	9,0	6,5
0,4	196	65	30	19	14	9,8
0,5	439	115	48	27	20	14
0,6	994	205	75	40	29	20
0,7	$2,17 \cdot 10^3$	352	115	58	41	28
0,8	$4,62 \cdot 10^3$	588	174	82	57	39
0,9	$9,68 \cdot 10^3$	966	258	115	78	54
1,00	$1,99 \cdot 10^4$	$1,56 \cdot 10^3$	378	159	106	73
1,25	$1,16 \cdot 10^5$	$4,90 \cdot 10^3$	955	345	222	154
1,50	$6,26 \cdot 10^5$	$1,46 \cdot 10^4$	$2,33 \cdot 10^3$	721	448	309
1,75	$3,43 \cdot 10^6$	$4,25 \cdot 10^4$	$5,56 \cdot 10^3$	$1,47 \cdot 10^3$	883	606

2,00	$1,76 \cdot 10^7$	$1,21 \cdot 10^5$	$1,31 \cdot 10^3$	$2,94 \cdot 10^3$	$1,70 \cdot 10^3$	$1,17 \cdot 10^3$
2,25		$3,30 \cdot 10^5$	$2,99 \cdot 10^4$	$5,72 \cdot 10^3$	$3,22 \cdot 10^3$	$2,20 \cdot 10^3$
2,50		$9,13 \cdot 10^5$	$6,87 \cdot 10^4$	$1,11 \cdot 10^4$	$6,05 \cdot 10^3$	$4,13 \cdot 10^3$
2,75		$2,46 \cdot 10^6$	$1,54 \cdot 10^5$	$2,11 \cdot 10^4$	$1,12 \cdot 10^4$	$7,60 \cdot 10^3$
3,00		$6,92 \cdot 10^6$	$3,55 \cdot 10^5$	$4,00 \cdot 10^4$	$2,60 \cdot 10^4$	$1,40 \cdot 10^4$

Таблица 7. Проектни стойности на ГГД за различните категории облъчвани лица

Категория облъчвани лица	ГГД [mSv]	Коефициент на сигурност [безразмерен]	Годишно време на облъчване [w]	Проектната годишна граница на дозата [mSv]
Персонал	20	2,5	50	8,0
Население	1	5,0	50	0,2

ИЗГОТВИЛ:

ПРОВЕРИЛ: