

## Комбинирана система за дозиметрия с приложение в медицинската радиология

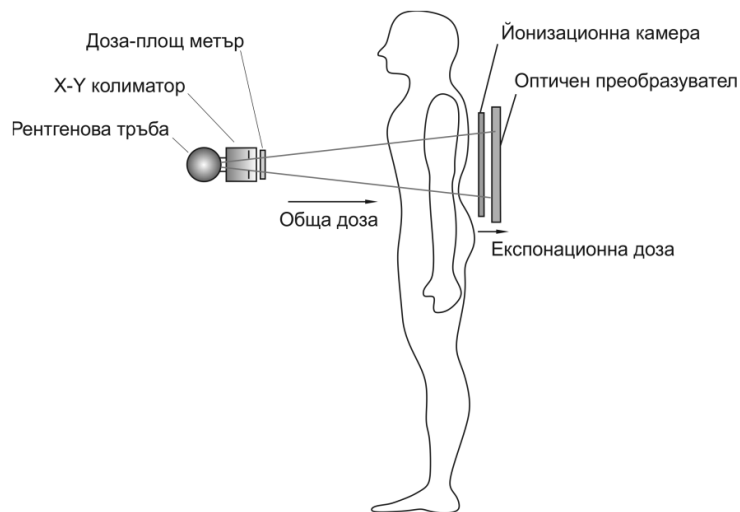
**Любомир Иванов-Радкин**

Радкин ЕООД, ул. Георги Софийски 1, София 1431, България; email: science@radkin.eu

**Abstract.** Системата е предназначена за определяне на общата и експонационната доза при медицински рентгенови изследвания. Състои се от доза-площ метър, активна йонизационна камера и терминал. Стандартната група параметри е допълнена с редица нови, които разширяват функционалността, подобряват точността и улесняват монтажа и поддръжката на оборудването.

### 1 Доза-площ метър

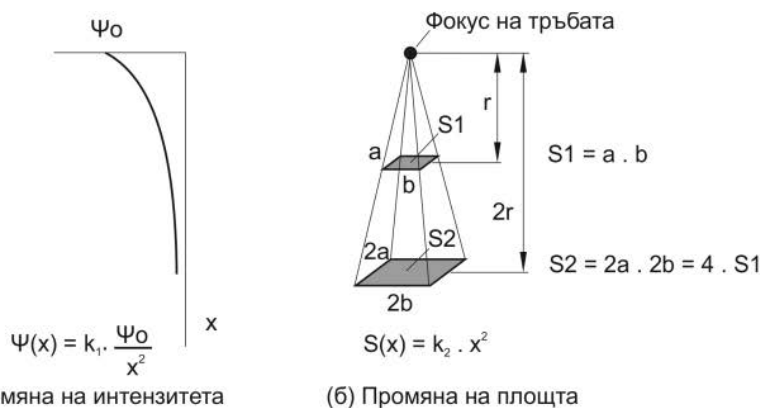
Както е отбелязано на Фиг. 1, доза-площ метърът се монтира на тръбата и измерва енергията, която преминава през тялото на пациента. Измерените стойности се използват за оценка на риска, свързан с въздействието на йонизиращото лъчение върху организма.



Фиг. 1: Обща и експонационна доза в диагностичен рентгенов апарат.

Причината да се използва произведението доза по площ е следната: Интензитетът на лъчението намалява с квадрата на разстоянието от тялото до точката, в която се генерира, наречена фокус на тръбата. Тази зависимост е представена с кривата  $\psi(x)$  на Фиг. 2(a). Използването само на интензитета като параметър би изисквало за всеки нов пациент и за всяко ново положение на тръбата да се измерва разстоянието по оста  $x$  и стойността да се използва за коригиране на дозата.

Тръбата генерира дивергентен сноп лъчи, който преминава през две взаимно перпендикулярни двойки колимиращи пластини. Тяхното положение определя размерите на правоъгълника, който се проектира върху тялото и обхваща изследваната област. Площта на този правоъгълник нараства с квадрата на разстоянието от тялото до фокуса. На Фиг. 2(б) проекцията S2 е на два пъти по-голямо разстояние от S1 и е с 4 пъти по-голяма площ. Тъй като разстоянието влияе реципрочен на горните два фактора, тяхното произведение остава инвариантно по отношение на него. Съответно, инвариантно остава и произведението доза-площ.

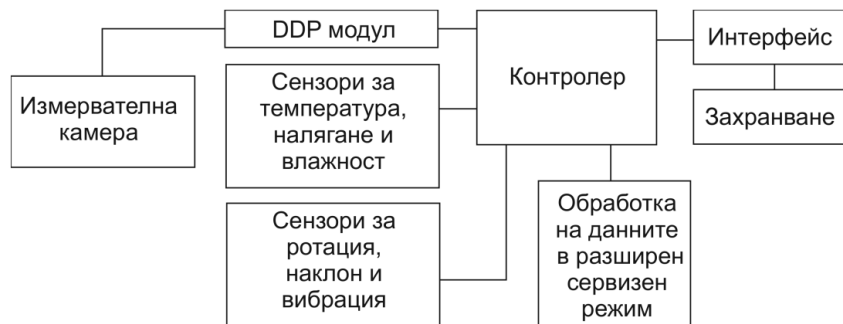


Фиг. 2: Интензитет и площ във функция от разстоянието до фокуса.

Доза-площ метърът се състои от два основни елемента: измервателна камера и електроника за обработване на сигналите, получени от нея (Фиг. 3).

Измервателните камери са с квадратна форма за монтиране към тръби с въртящ се анод и кръгли за тръби със статичен анод (Фиг. 4). При първия тип камерата и електрониката са монтирани в общ корпус. При втория, поради ограниченото пространство в зоната пред колиматора, електрониката се монтира в отделен корпус. Конструктивно са предвидени приспособления за монтиране към различните видове апарати.

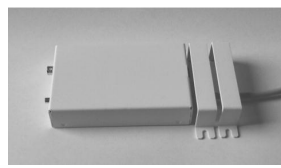
### Комбинирана система за дозиметрия в медицинската радиология



Фиг. 3: Основни елементи на доза-плоч метъра от нов тип.



(а) С квадратна камера за графичен пост  
Електрониката е интегрирана в корпуса



(б) С кръгла камера за С-рамо и ангиограф  
Електрониката е в отделен корпус

Фиг. 4: Два конструктивни варианта на доза-плоч метрите.

До момента доза-плоч метрите се произвеждат по технологията с входен интегратор и измерват кумулативните дозиметрични параметри след завършване на изследването. Параметрите включват произведението доза-плоч [ $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$ ], експозиционното време [s] и тяхното отношение [ $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{s}$ ], наречено мощност на дозата.

Целта на настоящата разработка е да разширят функционалните възможности на този тип измервателни прибори, като се добави:

- едновременно измерване на моментния интензитет и дозата на лъчението;
- измерване параметрите на единичните експозиции, които формират кумулативните стойности за прецизна оценка на полученото облъчване;
- изобразяване на данните в реално време, а не само в края на измерването;
- съвместимост с всички поколения рентгенови апарати, използвани в медицинската практика;

*Любомир Иванов-Радкин*

- автоматично коригиране на дозиметричните показания в зависимост от промените на налягането, температурата и надморската височина;
- измерване и показване положението на тръбата;
- звук и светлинен индикатор с избираеми параметри за сигнализиране;
- разширени сервисни функции, при които се измерват вибрациите на тръбата по трите оси и интензитета във функцията от времето и се води лог файл на дозиметричните стойности;
- дистанционно управление на настройките.

За реализиране на поставените цели са разработени следните нови решения:

Входният преобразувател е реализиран с нов тип технология, наречена Direct Digital Processing (DDP), която има редица предимства пред класическата с входен интегратор:

- Измерва едновременно моментните и кумулативните стойности;
- Няма мъртво време за периодично нулиране, каквото принципно е необходимо за работата на приборите с входен интегратор;
- Има висока резолюция във времевата област;
- Има висок динамичен диапазон при измерване на моментната мощност;
- Входът на преобразувателя е защитен от електромагнитни смущения и електростатични разряди, които са причина за повреди в приборите с входен интегратор.

Алгоритъмът за измерване изчислява и запомня трите дозиметрични параметъра както на кумулативните стойности, така и на всички единични експозиции, от които е съставено едно изследване.

Параметри на околната среда

Сензорите за параметри на средата измерват температурата, атмосферното налягане и влажността. Тъй като измервателната камера е отворена към атмосферата, влиянието на първите два фактора върху показанията е еднозначно и техните стойности се използват за

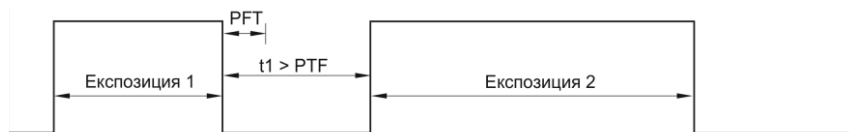
### Комбинирана система за дозиметрия в медицинската радиология

коригиране на дозиметричните параметри. Тази корекция също може да се включва и изключва дистанционно от терминала.

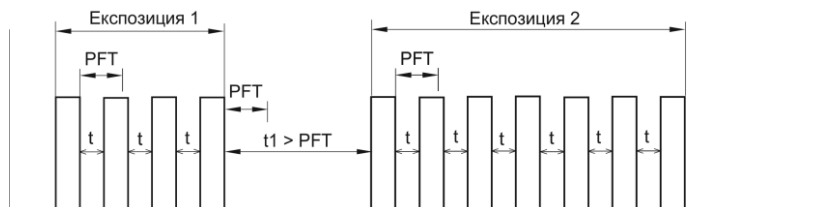
Влажността не е корекционен параметър. Измерва се, тъй като при високи стойности повърхностните изолационни характеристики на измервателната камера се влошават. Затова е предвидена сигнализация за влажност над допустимата граница, след която точността на показанията не е гарантирана.

#### Работа в режим Импулна флуорография (Pulsed Fluoro mode)

Флуорографските рентгенови уредби, използвани във ортопедията, хирургията и урологията използват постоянни емисии с ниска интензивност. Ангиографите работят в пулсиращ режим с висока интензивност. За точното определянето на началото и края на единичната експозиция е въведена настройката Pulsed Fluoro Timeout (фиг.5). Когато между края на един импулс и началото на нов е изминало време, по-малко от зададеното с този параметър, техните дози се сумират и се представят като стойност на единична емисия.



(а) Определяне началото на нова експозиция при работа в стандартен флуорографски режим



Импулсите, следващи през интервал  $t < PFT$ , формират единична експозиция  
Първият импулс, измерен след интервал  $t_1 > PFT$ , е начало на нова експозиция  
PFT = Pulsed Fluoro Timeout

(б) Определяне началото на нова експозиция при работа в режим Pulsed Fluoro

Фиг. 5: Определяне началото на нова експозиция.

#### Измерване наклона на тръбата

В електрониката е вграден сензор, който определя положението на тръбата в две равнини, означени на терминала като наклон и ротация. Стойностите се отчитат в диапазон от 0 до 359 или от 0 до

$\pm 90$  ъгли градуса. Положението на тръбата е важен диагностичен параметър, както при графичните, така и при флуорографските изследвания на коремните органи. Масата с пациента и тръбата променят наклона си в зависимост от вида на изследването. Освен това, когато е необходимо точно вертикално или хоризонтално центриране, тези данни спестяват усилия и време на персонала, както и неудобството да местят пациентите за да се доближи тръбата до масата.

Измерване вариациите на интензитета, вибрациите на тръбата и лог файл

Доза-площ метърът има вариант с разширени сервизни функции. В него е добавен режим за прецизен тест на тръбата, при който на дисплея на терминала се изписва изменението на интензитета на емисията във времето и вибрациите на тръбата по трите координатни оси. Тези две групи стойности се използват за проверка на състоянието и за приблизителна оценка на остатъчния ресурс на тръбата.

Лог файлът съхранява данните за всички измерени дозиметрични стойности. За тази функция е добавен разширителен модул, тъй като допълнително се обработват голям обем данни в реално време.

Контролерът изпълнява всички функции по събиране, обработване, съхраняване и предаване на данните.

Интерфейсът работи в стандартен, двупроводен дуплексен режим и в полудуплексен BSL (Bi-directional Serial Line) режим, по който данните се предават двупосочно по един проводник. Вторият вариант се използва основно в приборите с кръгла измервателна камера, монтирани в С-рамена (виж по-долу параграфа Захранване).

Гъвкава схема на захранване

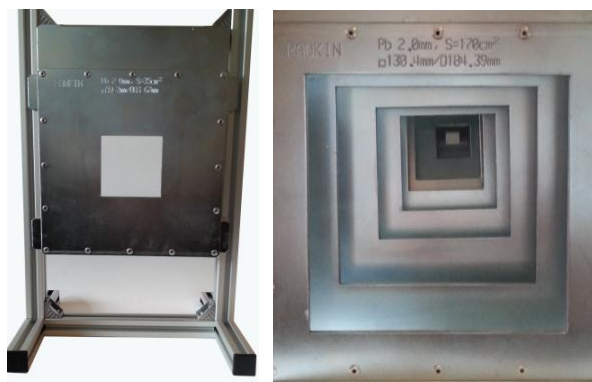
Захранването на доза-площ метрите с кръгъл прозорец може да се свърже към терминала и от там да се подаде към електрониката, да се свърже към електрониката и от там да се подаде към терминала или двата елемента да се захранят независимо един от друг с различни по стойност напрежения. Последният вариант, в съчетание с BSL протокола, позволява връзката с терминала да се осъществи само с един един общ и един сигнален проводник. Електрониката се адаптира автоматично към избрания вариант, без да се налага превключване или промяна в интерфейсните кабели. Захранващото напрежение може да варира в широки граници от 8 до 32 V (диапазон 4:1).

## Комбинирана система за дозиметрия в медицинската радиология

### Индикатори

На доза-площ метъра с квадратен прозорец има светлинен и звуков индикатор, които се настройват за сигнализиране нивото на моментната мощност, за превишаване на границите за безопасност или за достигнато хоризонтално и вертикално положение на тръбата. На камерата на доза-площ метъра с кръгъл прозорец като опция се монтира лазерен кръстов маркер.

### Изпитателен стенд



Фиг. 6

За определяне характеристиките на описания доза-площ метър е разработен стенд и комплект статични, калибровани бленди с различна площ на отворите.

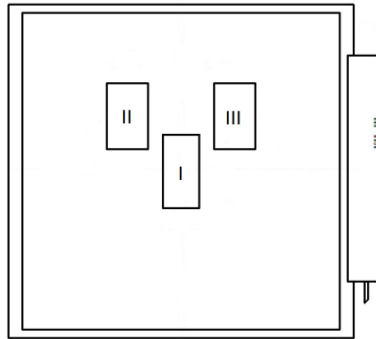
Позиционирането на блендите е съобразено с модела на еталонния рентгенов източник, така че центровете на отворите да бъдат по оста на лъча.

## 2 Активна йонизационна камера

Йонизационната камера измерва енергията, която достига до оптичния преобразувател – филм, фосфорен панел за CR система или полупроводников матричен преобразувател на DR система. Този параметър се измерва за да се постигне оптимално качество на образа и за да се избегне излишното облъчване на пациента.

Активната зона на камерата има определен брой избираеми анатомични полета, свързани към съответните индивидуални канали на входния преобразувател. Въведена е индивидуална компенсация

Любомир Иванов-Радкин



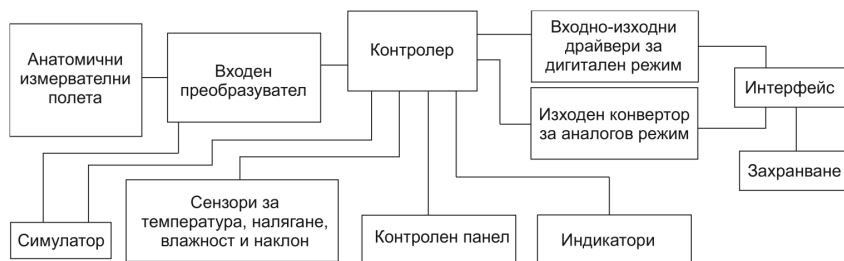
Фиг. 7

на чувствителността за всяко едно поле, с което се премахва зависимостта на предавателната характеристика от анатомията на изследвания обект. В тази статия понятието „канал“ означава една от няколко паралелно работещи електронни топологии, за разлика от публикациите на тема спектрометрия, в които се използва като синоним на ниво на квантуване.

Сензорите за температура, налягане и влажност изпълняват същите функции, като при доза-площ метъра. Сензорът за наклон е добавен, тъй като при някои видове изследвания остта на лъча не е перпендикулярна на равнината на фотопреобразувателя, респективно равнината на доза-площ метъра не е успоредна на нея.

Симулаторът генерира калибровани сигнали в работния обхват на прибора с които бързо и безопасно може да се настройва автоматиката на апарата.

От контролния панел се задават режимите на работа на сензора и се управлява работата на симулатора. Същите функции се изпълняват с команди по интерфейса.



Фиг. 8: Основни елементи на активната йонизационна камера.



### *Комбинирана система за дозиметрия в медицинската радиология*

Светлинните индикатори са разположени в края на електронния блок, което осигурява фронтална и странична видимост. Те показват кои полета са избрани, кога се работи в симулаторен режим, началото и края на експозицията.

Когато камерата работи в аналогов режим, аналоговият изходен конвертор генерира сигнал, пропорционален на дозата. Неговата полярност се задава от контролния панел или с команда по серийния интерфейс. Когато работи в дигитален режим, изходният сигнал е промяна на логическото ниво.

Входно-изходните драйвери са двупосочни. Те приемат сигнали за избор на полета и за старт на експозицията от генератора и команди по серийния интерфейс от терминала.

### **3 Терминал**

Терминалът има входове за включване на два доза-площ метъра и четири йонизационни камери. На дисплея се визуализират измерените стойности. С тях панела се задават настройките и се избират активните полета и корекциите на експонационното ниво. Има интерфейс за връзка с генератора или с управляващата конзола на апарата, който може да се използва и за предаване на данни към термомпиринтер, компютър или друго периферно устройство.

### **4 Резултати**

[A] В доза-площ метъра са въведени следните иновации:

- Разработена е нова технология с директно преобразуване вместо с входен интегратор.
- Постигната е времева резолюция от  $100 \mu s$  при изискване по стандарт  $1 ms$ . Това увеличава точността на измерване при съвременните апарати, работещи в режим импулсна флуорография.
- Динамичният диапазон на преобразувателя е  $1:568000$  ( $115dB$ ) и покрива пълния обхват на мощността на дозата, който се използва в съвременните рентгенови апарати. Постигната е резолюция  $1 \mu A$  с реален сигнал.
- Освен кумулативните са измерват и параметрите на единичните експозиции.
- Въведеният параметър Pulsed Fluoro Timeout позволява коректно да се определя единичната експозиция в режим Импулсна флуорография, който се използва в съвременните ангиографи.

*Любомир Иванов-Радкин*

- Данните от сензорите за температура и налягане се използват за автоматично коригиране на показанията. Данните от сензора за влажност предупреждават за влошаване на точността при повишена влажност в помещението.
- Показанията за наклона на тръбата имат интерпретационна стойност и подпомагат персонала при центроване на тръбата.
- Измерването на измененията в интензитета на емисията и вибрациите по време на работа обективизират оценката за състоянието на тръбата при модела с разширени сервизни функции.
- Разработена е гъвкава система за захранване през електрониката, през терминала, или независимо за двата елемента, която автоматично се адаптира към избрания вариант без да изисква превключване или промяна на интерфейса.

**[Б]** *В активната йонизационна камера са въведени следните иновации:*

- Разработена е активна йонизационна камера, която работи в два режима – аналогов и дигитален.
- Анатомичните измервателни полета са с индивидуална компенсация.
- Измерването на положението на сензора има интерпретационна стойност.
- Вграденият симулатор позволява бързо и безопасно тестване на автоматиката на апарата.

**[В]** *Въведени иновации, които са общи за проекта:*

- Разработен е физически интерфейс от типа BSL (Bi-directional Serial Line) за двупосочно предаване на данни по един сигнален проводник.
- Използва се VPL (Variable Packet Length) протокол с променлива дължина на пакета, с който се оптимизира обмена на данни между отделните елементи на системата.