

ZAVEDENÍ SYSTÉMU JAKOSTI PŘI VYUŽÍVÁNÍ ZDROJŮ IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ V RADIOTERAPII

URYCHLOVAČE ELEKTRONŮ

SÚJB
Ústav jaderných informací Zbraslav, a.s.

Dne 1.7. 1997 vstoupil v platnost zákon č. 18/1997 Sb. "Atomový zákon", který v § 4 ukládá každému, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření povinnost přednostně zajišťovat radiační ochranu a zavést systém jakosti (v rozsahu stanoveném ve vyhlášce SÚJB č. 214/1997 Sb.). Každému držiteli povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření (dále ZIZ) pak, kromě jiného, ukládá (§ 18 odst. 1 písm. a) sledovat, měřit, hodnotit, ověřovat a zaznamenávat parametry a vlastnosti (vyhláška SÚJB č. 184/1997 Sb. § 42 až 45):

- pro dovozu ZIZ v rozsahu potřebném pro posouzení shody se schváleným typem (vyhláška SÚJB č.142/1997 Sb.) nebo v podmínkách rozhodnutí o typovém schválení,
- při převzetí ZIZ ještě před zahájením jeho používání v rozsahu vymezeném pro přijímací zkoušku,
- v průběhu používání ZIZ v rozsahu vymezeném pro zkoušku dlouhodobé stability a pro zkoušku provozní stálosti.

Vzhledem k tomu, že je nezbytné urychleně nastavit správnou praxi při lékařském ozáření v souladu s požadavky nových právních předpisů v oblasti radiační ochrany, pověřil předseda Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) Ing. Ján Štuller náměstka pro radiační ochranu vydat toto "Doporučení".

"Doporučení" bude sloužit jako vodítko určené držiteli povolení k nakládání se ZIZ (žadatel o toto povolení) na raditerapeutických pracovištích v ČR pro zpracování zákonem č. 18/1997 Sb. vyžadované a SÚJB schvalované dokumentace; současně bude podkladem ke zpracování programů zabezpečování jakosti, jehož součástí jsou přijímací zkoušky, zkoušky dlouhodobé stability a provozní stálosti. "Doporučení" současně bude podkladem ke zpracování konečné verze, kterou SÚJB vydá ve formě "Bezpečnostních návodů" (Safety Guides) na základě zkušeností s praktickou aplikací "Doporučení" a na základě Vašich případných připomínek a komentářů. Pokud se držitel povolení bude řídit tímto "Doporučením", inspektoři SÚJB budou hodnotit rozsah sledování, měření, hodnocení, ověřování a zaznamenávání veličin, parametrů a skutečností důležitých z hlediska radiační ochrany podle § 42 až 45 vyhlášky SÚJB č. 184/1997 Sb. jako vyhovující a splňující požadavky právních předpisů.

"Doporučení" bylo zpracováno Expertní skupinou pro radioterapii při Státním ústavu radiační ochrany v Praze.

Ing. Zdeněk Prouza, CSc.
náměstek předsedy SÚJB pro radiační ochranu

OBSAH

ÚVOD	4
1. POPIS PŘÍSTROJE A OZAŘOVACÍHO STOLU	6
1.1 Popis os rotačních a posuvných pohybů	6
1.2 Úhlové stupnice	7
1.2.1 Dělení stupnic	7
1.2.2 Nulové polohy a přesnost stupnic	8
1.3 Stupnice pro posuvný pohyb	8
1.3.1 Dělení stupnic	8
1.3.2 Nulové polohy a přesnost stupnic	9
2. BEZPEČNOSTNÍ, VÝSTRAŽNÉ A INDIKAČNÍ SYSTÉMY	10
2.1 Signalizace stavu přístroje	10
2.1.1 Signalizace na ozařovači	10
2.1.2 Signalizace u vstupních dveří do ozařovny	10
2.1.3 Signalizace na ovládacím panelu ozařovače	10
2.2 Mechanické a elektronické bezpečnostní systémy	11
2.2.1 Vstupní dveře do ozařovny	11
2.2.2 Nouzové vypínače	11
2.2.3 Antikolizní systém	11
2.2.4 Koncové polohy	12
2.2.5 Bezpečnostní zařízení vztažená ke vzájemnému pohybu ozařovače a stolu	12
2.2.6 Ozařovací pomůcky	14
2.3 Bezpečnostní zařízení vztažená ke svazku záření	14
2.3.1 Volba druhu záření	14
2.3.2 Volba energie	15
2.3.3 Systém monitorování dávky	15
2.3.4 Ozařovací čas	16
2.4 Systém sledování pacienta	17
3. MECHANICKÉ PARAMETRY A SHODA MECHANICKÝCH A OPTICKÝCH PARAMETRŮ	18
3.1 Souhlas mezi geometrickou osou kolimátoru, osou rotace kolimátoru a světelnou osou	18
3.2 Poloha izocentra	20
3.3 Světelné zaměřovače (lasery)	20
3.4 Optický dálkoměr	21
3.5 Symetrie kolimátoru, rovnoběžnost a kolmost lamel	21

3.6 Velikost světelného pole	22
4. CHARAKTERISTIKY RADIAČNÍHO POLE SVAZKŮ ZÁŘENÍ X	23
4.1 Velikost radiačního pole	23
4.1.1 Souhlas světelné osy a osy svazku záření	23
4.1.2 Souhlas světelného a radiačního pole	24
4.1.3 Souhlas velikosti radiačního pole a údaje na stupnici	24
4.2 Homogenita radiačního pole	24
4.3 Symetrie radiačního pole	27
4.4 Polostín radiačního pole	28
4.5 Unikající záření	28
4.5.1 Záření pronikající kolimačním systémem	28
4.5.2 Unikající záření vně maximálního radiačního pole	28
5. DOZIMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY SVAZKŮ ZÁŘENÍ X	30
5.1 Absorbovaná dávka v referenčním bodě	30
5.2 Energie svazků záření X	30
5.3 Faktory velikosti pole	31
5.4 Klínové filtry	31
5.4.1 Klínové faktory	31
5.4.2 Kontrola polohy klínu	32
5.5 Faktory podložky	32
5.6 Faktory zeslabení stínícím blokem	32
6. CHARAKTERISTIKY RADIAČNÍHO POLE ELEKTRONOVÝCH SVAZKŮ	33
6.1 Velikost radiačního pole	33
6.1.1 Souhlas světelné osy a osy svazku záření	33
6.1.2 Souhlas velikosti radiačního pole a údaje na stupnici	34
6.2 Homogenita radiačního pole	34
6.3 Symetrie radiačního pole	34
6.4 Polostín radiačního pole	36
6.5 Unikající záření	36
6.5.1 Záření pronikající kolimačním systémem	36
6.5.1 Unikající záření vně maximálního radiačního pole	37
7. DOZIMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY ELEKTRONOVÝCH SVAZKŮ	38
7.1 Absorbovaná dávka v referenčním bodě	38
7.2 Energie elektronových svazků	38
7.2.1 Ověření stability energie	39

7.3 Faktory velikosti pole	39
8. SYSTÉM MONITOROVÁNÍ DÁVKY	40
8.1 Stabilita	40
8.2 Reprodukovatelnost	40
8.3 Linearita	41
8.4 Závislost na rotaci ramene	41
8.5 Ukončení pohybové terapie	42
9. OZAŘOVACÍ STŮL	43
9.1 Svislý pohyb	43
9.2 Isocentrická rotace stolu	43
9.3 Pevnost uložení a tuhost desky stolu	43
9.3.1 Příčný pohyb	44
9.3.2 Podélný pohyb	44
9.4 Stálost nastavené výšky stolu	44
10. PŘEHLED ZKOUŠEK PROVOZNÍ STÁLOSTI A ZKOUŠEK DLOUHODOBÉ STABILITY	45
10.1 Denní kontroly	47
10.2 Týdenní kontroly	47
10.3 Měsíční kontroly	48
10.4 Půlroční kontroly	49
PŘÍLOHA I : PŘÍKLADY PROTOKOLŮ PRO ZKOUŠKY PROVOZNÍ STÁLOSTI	51
1.1 Příklad protokolu pro týdenní kontroly	52
1.2 Příklad protokolu pro měsíční kontroly	54
1.3 Příklad protokolu pro půlroční kontroly	60
PŘÍLOHA II : VYBAVENÍ POTŘEBNÉ K PROVÁDĚNÍ KONTROL	72
PŘÍLOHA III : REFERENČNÍ PODMÍNKY	73
PŘÍLOHA IV : TERMINOLOGIE	75
LITERATURA	83
Členové expertní skupiny pro radioterapii při SÚRO	85

ÚVOD

Tento dokument shrnuje požadavky SÚJB, příslušných norem ČSN IEC a ČSN EN a doporučení odborné společnosti SROBF ČLS J.E.P. na urychlovače elektronů používané v radioterapii v České republice

Dokument je určen jako podklad pro vypracování programu zabezpečování jakosti, zejména pro zkoušky provozní stálosti (denní, týdenní, měsíční, půlroční kontroly) a zkoušky dlouhodobé stability dle požadavků Vyhlášky č. 184/1997 Sb.. Kontroly uvedené v tomto dokumentu mohou sloužit také jako minimální sada kontrol pro přijímací zkoušky přístroje.

Jsou zde uvedeny i požadavky na vlastnosti urychlovačů, které nespádají do sady pravidelných kontrol zařízení, ale jsou pro uživatele důležité zejména při výběru nového zařízení. Pro odlišení a přehlednost jsou zmíněné požadavky psány kurzívou.

Navržený systém kontrol obsahuje stručný popis kontroly příslušného parametru, frekvenci jejího provádění, hodnocení výsledků a případně také popis metody provedení kontroly.

Uvedenými kontrolami se ověřuje bezpečná a správná funkce základní konstrukce ozařovače. V případě použití přídavných zařízení (multileaf kolimátor, dynamické klíny, portal image...), které mohou funkci přístroje ovlivnit, nebo při použití ozařovače ke speciálním technikám (stereotaxe, celotělové ozáření ...), je třeba do systému kontrol zahrnout i kontroly dalších parametrů popř. přehodnotit limity.

Frekvence kontrol zde doporučená vychází ze zkušeností získaných na radioterapeutických pracovištích v České republice a současně respektuje doporučení významných národních a mezinárodních společností a organizací (AAPM, IEC, WHO). Mimo pravidelné kontroly je nutno po každém zásahu do systému (oprava, mechanická nehoda apod.) zkontrolovat všechny parametry, které mohly být tímto zásahem ovlivněny.

Pro hodnocení výsledků kontrol je zde uváděna „tolerance“ v souladu s anglickými termíny „tolerance“ /ČSN IEC 976, ČSN IEC 977, AAPM 40/ a „tolerance level“ /WHO 1988/. Jestliže odchylka naměřené hodnoty od referenční hodnoty určitého parametru nebo naměřená hodnota určitého parametru překročí toleranci, je nutné zařízení odstavit z klinického provozu a závadu odstranit. Hodnoty tolerancí vycházejí z akčních limitů doporučení SROBF ČLS J.E.P. a jsou harmonizovány s příslušnou ČSN IEC normou. U některých parametrů se provádí pouze kontrola funkčnosti, přičemž při nefunkčnosti je nutné před pokračováním v provozu provést nápravu, obdobně jako při překročení tolerance.

Pokud jsou v textu uvedeny metodiky kontrol, jedná se o metodiky doporučené, nikoliv závazné. Uživatel může používat i jiné postupy, jejichž výsledky jsou prokazatelně srovnatelné s výsledky metodik obsažených v tomto dokumentu.

V Příloze I. dokumentu jsou uvedeny příklady protokolů, které by měly držiteli povolení usnadnit vedení dokumentace.

V Příloze II. je uvedeno doporučené základní přístrojové vybavení, které je potřebné k zajištění předepsaných kontrol. Protože většina měření a kontrol je časově náročná, je možno z důvodu časových úspor použít speciální měřicí zařízení. V tomto případě je třeba vytvořit odpovídající metodiky kontrol.

V závěru dokumentu je uvedena terminologie - souhrn nejdůležitějších pojmů a jejich definic vyskytujících se v textu.

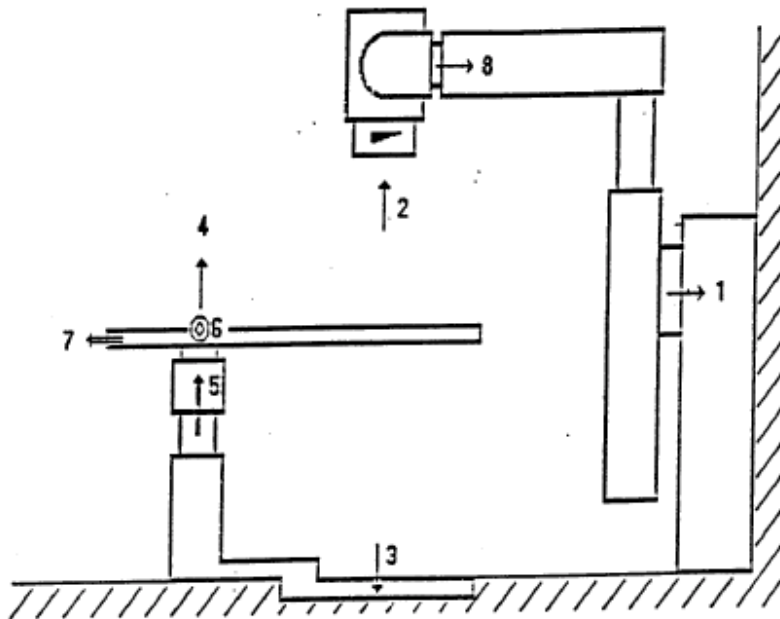
Dokument nezahrnuje metodiku stanovení dávky v referenčním bodě, která je zpracována v samostatném dokumentu SÚJB, ani problematiku monitorování pracoviště a osob.

Obecný návod na vypracování programu zabezpečování jakosti je obsažen v úvodní dokumentaci SÚJB: Bezpečnostní návod SÚJB - Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii v České republice - Úvod.

1. POPIS PŘÍSTROJE A OZAŘOVACÍHO STOLU

1.1 Popis os rotačních a posuvných pohybů

U urychlovače lze definovat osy, které jsou vyjmenovány a znázorněny na následujícím obrázku 1.



Osy pohybů

1. osa rotace ramene
2. osa rotace kolimátoru
3. osa izocentrické rotace stolu
4. osa rotace desky stolu
5. osa svislého posunu desky stolu
6. osa příčného posunu desky stolu
7. osa podélného posunu desky stolu
8. osa rotace pro boční naklápění hlavice

Obr. 1 Popis os rotačních a posuvných pohybů urychlovače elektronů

Přístroj musí být instalován tak, aby osa č.1 byla vodorovná a osy č.2 až č.8 byly na tuto osu kolmé, resp. s ní rovnoběžné. Přičemž osy č.3, č.4 a č.5 musí být svislé, osa č.6 vodorovná.

U urychlovače definujeme tři hlavní roviny :

- hlavní horizontální rovina
je vodorovná rovina obsahující osu č.1
- hlavní sagitální rovina
je svislá rovina obsahující osu č.1
- hlavní transversální rovina
je svislá rovina kolmá na osu č.1 a obsahující osu č.2

Dále definujeme základní polohu a hlavní polohy ozařovače:

- základní poloha ozařovače
úhel ramene 0° , radiální směr svisle dolů
- hlavní polohy ozařovače
 - 1) základní poloha
 - 2) polohy dosažené rotací ramene kolem osy č.1 o 90° , 180° nebo 270° ze základní polohy bez jiných změn nastavení

Každý pohyb okolo osy a posuv je vybaven stupnicí splňující níže uvedené požadavky.

1.2 Úhlové stupnice

1.2.1 Dělení stupnic

Úhlové stupnice musí být děleny minimálně po stupních s použitím pouze kladných čísel a stupnice musí být jednoznačná, např. 358° , 359° , 0° , 1° , 2° atd.

Hodnoty na stupnicích pro osy č. 1, 2 a 3 musí vzrůstat při rotaci ve směru hodinových ručiček při pohledu z izocentra.

Hodnoty na stupnici pro osu č. 4 musí růst při opačném směru rotace než na stupnici pro osu č. 3, takže v případě, kdy ukazují stupnice pro osu č.3 a č.4 stejnou hodnotu, bude podélná osa stolu rovnoběžná s osou rotace ramene (osa č.1).

Rotace ramene musí být nejméně 360° a je výhodné mít překrývající se část alespoň 10° . Rotace kolimátoru musí být umožněna v rozsahu nejméně 180° .

1.2.2 Nulové polohy a přesnost stupnic

Níže uvedené polohy popisují situaci, kdy jednotlivé stupnice ukazují nulovou hodnotu:

Osa č.1 - světelná osa je vertikální, radiační směr svisle dolů.

Osa č.2 - lamely kolimátoru jsou rovnoběžné resp. kolmé na osu rotace ramene.

Osy č.3 a č.4 - podélná osa symetrie stolu leží v hlavní sagitální rovině.

Kontrola nulové polohy ramene se provádí např. spuštěním olovnice na zem. Olovnice je upevněna přibližně ve výšce izocentra tak, aby splývala se světelnou osou. Na zemi se označí na papír průmět světelného kříže a poloha hrotu olovnice. Odečte se vzdálenost mezi oběma vyznačeným body, která se přepočítá na stupně.

tolerance : 1° frekvence kontrol : měsíčně

Přesnost stupnic¹ ověřujeme alespoň pro 3 hodnoty přibližně rovnoměrně rozložené v rozsahu stupnice.

tolerance : 1° frekvence kontrol : - měsíčně pro elektronický displej - 2x ročně pro mechanickou stupnici
--

1.3 Stupnice pro posuvný pohyb

1.3.1 Dělení stupnic

Lineární stupnice musí být děleny po 10 mm s jemnějším dělením nejméně po 5 mm. K popisu musí být použita pouze nezáporná čísla a stupnice musí být jednoznačná. Stupnice pro svislý posuv desky stolu (osa č.5) musí mít dělení po 1 mm.

Hodnoty na stupnicích musí vzrůstat v těchto případech :

- *výška stolu (posuv č.5) se snižuje, přičemž v místě izocentra dochází ke skokové změně číslování, např. 998, 999, 0, 1, 2,...*
- *deska stolu se při pohledu čelem ke stojanu urychlovače pohybuje v příčném směru doprava, přičemž v místě izocentra dochází ke skokové změně číslování, např. 998, 999, 0, 1, 2,...*
- *deska stolu se přibližuje ke stojanu urychlovače.*

¹ Přesností stupnice rozumíme absolutní hodnotu rozdílu mezi údajem kontrolované stupnice a údajem nezávislého zkalibrovaného měřidla za stejných podmínek.

1.3.2 Nulové polohy a přesnost stupnic

Níže uvedené polohy popisují situaci, kdy jednotlivé stupnice ukazují nulovou hodnotu.

Posuv č.5 - deska stolu je ve výšce izocentra.

Posuv č.6 - podélná osa desky stolu je v hlavní sagitální rovině.

Posuv č.7 - deska stolu je v nejvzdálenější poloze od stojanu urychlovače.

Přesnost stupnic ověřujeme alespoň pro 3 hodnoty přibližně rovnoměrně rozložené v rozsahu stupnice.

tolerance: 2 mm

frekvence kontrol :

- měsíčně pro elektronický displej,

- 2x ročně pro mechanickou stupnici

2. BEZPEČNOSTNÍ, VÝSTRAŽNÉ A INDIKAČNÍ SYSTÉMY

2.1 Signalizace stavu přístroje

2.1.1 Signalizace na ozařovači

Funkčnost výstražných indikačních zařízení umístěných na vlastním ozařovači se kontroluje denně.

kontrola funkčnosti
frekvence kontrol : denně

2.1.2 Signalizace u vstupních dveří do ozařovny

Kontroluje se, zda výstražná indikace nad dveřmi do ozařovny indikuje odpovídajícím způsobem.

kontrola funkčnosti
frekvence kontrol : denně

2.1.3 Signalizace na ovládacím panelu ozařovače

Světelná návěstí na ovládacím panelu ozařovače musí mít v souladu s normou ČSN EN 60601-1-1/A1 tyto barvy:

• akce bezprostředně vyžadující zastavení ozařování	červená
• pracovní stav ozařovače (záření zapnuto)	žlutá
• stav definitivní připravenosti (všechny parametry navoleny, ozařovač připraven ke spuštění záření)	zelená
• přípravný stav, ze kterého mohou být voleny potřebné parametry, ale ozařovač není připraven ke spuštění záření (u některých ozařovačů může být tento stav záložní)	jiná barva

kontrola funkčnosti světelné signalizace
frekvence kontrol : denně

2.2 Mechanické a elektronické bezpečnostní systémy

2.2.1 Vstupní dveře do ozařovny

Kontroluje se, zda bezpečnostní spínač přeruší záření v okamžiku otevření dveří, resp. při přerušení světelné závory. To se týká všech vstupních dveří do ozařovny a do prostor, kde je použit tento způsob jištění. Je-li vchod do ozařovny vybaven stínícími dveřmi, musí být tyto dveře konstruovány tak, aby je bylo možné zvenku i zevnitř otevřít elektrickým spínačem. Zvenku je musí být možné otevřít i ručně (v případě výpadku napájení).

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : denně
--

Je-li pohyb dveří vykonáván motoricky, musí být dveře vybaveny zařízením, které zabráni sevření těla nebo jeho částí mezi dveře a vstupní otvor (např. tlakový spínač na hraně dveří).

2.2.2 Nouzové vypínače

Na zařízení musí být instalovány dva typy havarijních tlačítek:

- 1) Nouzová tlačítka, která přeruší elektrické napájení v okruhu, ze kterého je napájen ozařovač, a nacházejí se v ozařovně, v připojených prostorech, u ovládacího panelu a modulátoru.
- 2) Ostatní druhy nouzového vypínání (STOP tlačítka), které mohou přerušit pouze ozařování a pohyb ozařovače. Po vypnutí se systém vrací do výchozího stavu. Po tomto přerušení lze opět zahájit činnost bez nutnosti opětného nastavení ozařovacích parametrů. Opětné spuštění smí být proveditelné pouze z ovládacího panelu.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : týdně
--

2.2.3 Antikolizní systém

Provádí se kontrola všech funkcí antikolizního zastavení pohybů ozařovače, stínícího štítu (beam stopper) a ozařovacího stolu.

V případě, že je ozařovač vybaven pohyblivým stínícím štítem, kontroluje se také, zda je vypínač schopen zastavit pohyb štítu v případě, že může dojít ke kolizi s ozařovacím stolem. Dále se kontroluje, zda nelze spustit záření při klidové poloze stínícího štítu do těch směrů, kde je ochranná poloha stínícího štítu předepsána v důsledku ochrany před zářením.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : denně
--

2.2.4 Koncové polohy

Kontroluje se funkce koncových spínačů při pohybech ramene ozařovače, ozařovacího stolu atd. při dojezdech do koncových pozic.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : měsíčně
--

2.2.5 Bezpečnostní zařízení vztažená ke vzájemnému pohybu ozařovače a ozařovacího stolu

U ručního ovladače ozařovače a ozařovacího stolu se kontroluje správná funkce bezpečnostních ovládacích prvků a prvků ovládajících jednotlivé pohyby.

S výjimkou pohybové terapie a pohybu lamel kolimátoru je možné realizovat pohyby ramene, resp. rotaci kolimátoru, pohyby ozařovače a pohyby ozařovacího stolu současným stiskem dvou oddělených tlačítek obsluhou. Každé z těchto tlačítek musí být zapojeno tak, aby nezávisle zajistilo funkci STOP pohybu ramene, resp. rotace kolimátoru, pohyby ozařovače nebo ozařovacího stolu. Ovladače musí být umístěny tak, aby při jejich obsluze operátor viděl pacienta.

Tyto funkce se kontrolují pravidelně, denně před uvedením urychlovače do provozu a po každém nárazu.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : denně
--

Rotace ramene ozařovače

Jestliže je ozařovač určen pro stacionární i pohybovou terapii (tj. pohyb ramene, ozařovacího stolu nebo kolimačního systému v průběhu ozařování), kontroluje se, zda není možno spustit záření, dokud není provedena odpovídající volba na ovládacím panelu ozařovače. (Volba se provádí před každým ozařováním.) Kontroluje se také, zda při pohybové terapii je na ovládacím panelu signalizován směr pohybu a jeho rychlost.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : měsíčně
--

Pro motorický pohyb ramene ozařovače (viz obr. 1) se rychlost rotace musí nacházet uvnitř povoleného intervalu:

- *minimální rychlost u každého z pohybů nesmí překročit 1°/s*
- *žádná z rychlostí nesmí překročit 7°/s*

Kontroluje se, zda při zastavení pohybu ramene ozařovače nepřekročí zbytkový pohyb (mezi úhlem, kdy byl vydán povel k zastavení, a úhlem konečné polohy) následující hodnoty:

- pro rychlosti menší nebo rovné $1^\circ/\text{s}$: $0,5^\circ$
- pro rychlosti větší než $1^\circ/\text{s}$: 3°

Uvedené požadavky na zbytkové pohyby se kontrolují i pro případ přerušení nebo selhání motorických pohybů nebo výpadku napájení.

tolerance: $0,5^\circ / 3^\circ$ frekvence kontrol : 2x ročně
--

Pohyby stolu

Pro motorický pohyb stolu se rychlost pohybu musí nacházet uvnitř povoleného intervalu:

- *minimální rychlost pohybu stolu nesmí překročit $10 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$*
- *žádná z rychlostí nesmí překročit $100 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$*

Kontroluje se, zda při zastavení pohybu stolu nepřekročí zbytkový pohyb (mezi polohou, kdy byl vydán povel k zastavení, a konečnou polohou) následující hodnoty:

- pro rychlosti menší než $25 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$: 3 mm
- pro rychlosti větší než $25 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$: 10 mm

Tyto požadavky platí pro nezatížený stůl i pro stůl rovnoměrně zatížený závažím o hmotnosti 135 kg.

Uvedené požadavky na zbytkové pohyby se kontrolují i pro případ přerušení nebo selhání motorických pohybů nebo výpadku napájení.

tolerance: 3 mm / 10 mm frekvence kontrol : 2x ročně

Konstrukce stolu by měla v případě výpadku el. energie zaručit snadné uvolnění pacienta zpod přístroje. Kontroluje se, zda je možno posunout stůl do jeho nejnižší polohy (alespoň mechanicky).

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : měsíčně
--

2.2.6 Ozařovací pomůcky

Provádí se vizuální a mechanické kontroly veškerého příslušenství, které se používá při ozařování pacientů, např. klínové filtry, tubusy, držáky bloků, fixační zařízení, spolu se všemi přídatnými bezpečnostními částmi - kontrola detekce nasazení, ověření funkce kódovacího zařízení (poloha a druh příslušenství) a souhlas indikace na monitoru urychlovače, případně ve verifikačním systému.

a) stav ozařovacích pomůcek

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : denně
--

b) poloha ozařovacích pomůcek

Kontroluje se, zda držáky ozařovacích pomůcek (klínové filtry, vykrývací bloky a pod.) umožňují reprodukovatelné umístění těchto pomůcek.²

tolerance: 2 mm frekvence kontrol : 2x ročně

c) kolmost ozařovacích pomůcek

Kontroluje se, zda úhel podkladové roviny pomůcek (roviny podložky) a osy svazku záření (obvykle 90°) je stabilní při libovolné poloze ramene a ozařovací hlavice. Kontrola se provádí pro všechny hlavní polohy přístroje.

tolerance: 1° frekvence kontrol : 2 x ročně
--

d) funkce kódovacího zařízení (poloha a druh pomůcek) a souhlas indikace na monitoru přístroje, případně ve verifikačním systému.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : měsíčně
--

2.3 Bezpečnostní zařízení vztahovaná ke svazku záření

2.3.1. Volba druhu záření

U ozařovačů, které jsou schopny poskytovat záření X i elektronové záření, se kontroluje:

- zda není možno spustit záření, pokud nesouhlasí volba odpovídajících parametrů v ozařovači a na ovládacím panelu ozařovače,

² Reprodukovatelnost polohy se měří v ozařovací vzdálenosti, pro kterou je daná pomůcka určena (tedy v místě, kde se má nacházet pacient), nikoli v místě uložení pomůcky.

- zda je blokováno spuštění ozařovače při záměně příslušenství pro svazek záření X při elektronovém záření a naopak,
- zda je typ záření indikován na odpovídajících panelech předem, nikoliv až po spuštění záření.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : denně
--

2.3.2 Volba energie

U ozařovačů, které jsou schopny poskytnout různé nominální energie, se kontroluje, zda není možno spustit záření dříve, než byla navolena energie na ovládacím panelu, a zda tato hodnota zůstává navolena po celou dobu záření.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : denně
--

2.3.3 Systém monitorování dávky

Monitorování dávky musí být prováděno dvěma systémy monitorování dávky, které jsou umístěny v ozařovací hlavici a jejichž součástí je detektor ionizujícího záření. Tyto systémy monitorování dávky musí splňovat následující podmínky :

- *chybná funkce jednoho systému monitorování dávky nesmí ovlivnit správnou funkci druhého systému,*
- *při poruše jakéhokoliv společného prvku, který může způsobit změnu odezvy jednoho ze systémů monitorování dávky o více než 5%, musí dojít k ukončení ozařování*
- *systémy monitorování dávky musí být uspořádány buď v redundantní kombinaci nebo v kombinaci primárního a sekundárního systému monitorování dávky. V případě redundantní kombinace systémů monitorování dávky musí oba systémy fungovat v souladu s popisem v technické dokumentaci. V případě kombinace primárního a sekundárního systému monitorování dávky musí alespoň primární systém fungovat podle stanoveného popisu.*
- *displeje, na nichž se ukazují údaje systémů monitorování dávky, musí být jasně čitelné, umístěné blízko sebe a blízko displeje s předvoleným počtem monitorovacích jednotek (MU). Každý displej smí mít pouze jednu stupnici a u stupnice nesmí být žádný multiplikační faktor.*
- *počet monitorovacích jednotek se musí zobrazovat vzestupnými číslicemi.*
- *před zahájením nového ozařování musí být nutně vynulovat displeje. Ozařování nesmí být umožněno, pokud není na ovládacím panelu navolen počet MU.*
- *displeje s počtem odzářených MU spolu s displejem s předvoleným počtem MU musí uchovat zobrazené údaje po přerušení ozařování a po ukončení ozařování.*

- v případě výpadku hlavního napájení, který způsobí přerušení nebo ukončení ozařování, musí být údaj o počtu MU v okamžiku výpadku čitelný po dobu nejméně 20 min.
- oba systémy monitorování dávky musí být schopny ukončit nezávisle na sobě ozařování.

U systému monitorování dávky se kontroluje, zda displeje s počtem odzářených MU spolu s displejem s předvoleným počtem MU uchovají zobrazované údaje po přerušení ozařování, po ukončení ozařování a v případě výpadku hlavního napájení po dobu nejméně 20 min.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : měsíčně
--

Dále se kontroluje, zda oba systémy monitorování dávky jsou schopny ukončit ozařování nezávisle na sobě. Při redundantní kombinaci systémů monitorování dávky musí být oba systémy nastaveny tak, aby ukončily ozařování při dosažení zvoleného počtu MU. V kombinaci primárního a sekundárního systému monitorování dávky musí primární systém monitorování dávky být nastaven tak, aby ukončil ozařování při dosažení zvoleného počtu MU. A sekundární systém monitorování dávky musí být nastaven tak, aby ukončil ozařování při překročení zvoleného počtu MU tak, aby zvolený počet MU nebyl překročen o více než 10% nebo o více než 0,25 Gy ekvivalentní absorbované dávky ve standardní ozařovací vzdálenosti.

Kontrola se provádí např. tak, že při konstantním počtu navolených monitorovacích jednotek se nezávislým dozimetrem měří odezva pro případ, kdy je ozařování ukončeno primárním systémem monitorování dávky M_1 , a pro případ, kdy je primární systém vyřazen a ozařování je ukončeno sekundárním systémem monitorování dávky M_2 . Poměr odezev M_2/ M_1 musí být menší nebo roven 1.10.

tolerance: 1.10 frekvence kontrol : 2x ročně

2.3.4 Ozařovací čas

Přístroj musí být vybaven řídicím časovačem, který splňuje tyto požadavky:

- *načítá časový údaj od nuly směrem nahoru,*
- *musí být nezávislý na jakémkoli jiném systému, který ovládá ukončení ozařování,*
- *údaj časovače musí být uváděn buď v minutách a desetínách minut nebo v sekundách, ale nikoliv v kombinaci obou!*
- *před zahájením dalšího ozařování musí být nutné údaj časovače vynulovat,*
- *zapne se v okamžiku zahájení ozařování a vypne se při ukončení ozařování,*
- *uchová údaj o odzářeném čase po přerušení nebo ukončení ozařování,*

- vypne ozařování po uplynutí předvoleného času v případě poruchy systému monitorování dávky,
- nastavená hodnota času na řídicím časovači nepřekročí 120% hodnoty času, který je nutný k odzáření zvoleného počtu monitorových jednotek.

Čtyři posledně uvedené položky se pravidelně kontrolují.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : měsíčně
--

2.4 Systém sledování pacienta

Kontroluje se, zda je možno pacienta během ozařování nepřetržitě sledovat jak opticky (televizní okruh) tak akusticky a zda televizní okruh umožňuje sledování pacienta při libovolné poloze ozařovače. U akustického řetězce se kontroluje, zda umožňuje oboustrannou komunikaci mezi ozařovnou a ovladovnou i v případě poruchy síťového napájení.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol : denně
--

3. MECHANICKÉ PARAMETRY A SHODA MECHANICKÝCH A OPTICKÝCH PARAMETRŮ

Uvedené kontroly jsou navrženy pro pravoúhlý osově symetrický kolimátor. Je-li přístroj vybaven jiným druhem kolimátoru (tubusy pevné velikosti, kombinace pohyblivých lamel a pevného tubusu, "asymetrický" kolimátor a pod.), je nutno přiměřeně upravit množství a druh kontrolovaných parametrů.

3.1 Souhlas mezi geometrickou osou kolimátoru, osou rotace kolimátoru a světelnou osou

Při této kontrole je třeba nalézt průsečíky uvedených tří os s rovinou vedenou kolmo k předpokládanému směru těchto os v kontrolované ozařovací vzdálenosti.

a) geometrická osa kolimátoru

Geometrickou osou kolimátoru rozumíme osu objemu vymezeného vnitřními hranami lamel kolimátoru. Ke zjištění polohy této osy je možno užít například následující metodu:

Kolimátor uzavřeme tak, aby vyznačil velmi malé pole (je-li to možné, pak by pole nemělo být větší než 2cm x 2cm pro nejčastěji používanou ozařovací vzdálenost, není-li to možné, použijeme nejmenší nastavitelné pole). Za průsečík geometrické osy s rovinou vedenou kolmo k předpokládanému směru osy rotace kolimátoru považujeme střed průmětu světelného pole do této roviny.

b) osa rotace kolimátoru

Pro kontrolovanou ozařovací vzdálenost (SSD) zjistíme změnu polohy geometrické osy kolimátoru (zjištěné dle bodu a) při rotaci kolimátoru. Osou rotace kolimátoru (přesněji průsečíkem osy rotace kolimátoru s rovinou kolmou k předpokládanému směru osy rotace kolimátoru v uvažované vzdálenosti) rozumíme střed nejmenší kružnice opsané průsečíkům geometrické osy s rovinou kolmou k předpokládanému směru osy rotace kolimátoru v uvažované vzdálenosti.

Pokud průměr této kružnice je menší než 2 mm, pak je splněna podmínka pro **souhlas geometrické osy kolimátoru a osy rotace kolimátoru**.

tolerance: 2 mm ϕ frekvence kontrol: pro základní polohu : týdně pro hlavní polohy : 2x ročně

c) světelná osa

Za průsečík světelné osy s rovinou kolmou k ose rotace kolimátoru v uvažované vzdálenosti považujeme průmět světelného kříže do této roviny.

d) osa rotace světelné osy

U některých typů přístrojů může poloha světelné osy záviset na rotaci kolimátoru. Pro kontrolovanou ozařovací vzdálenost (SSD) zjistíme změnu polohy světelné osy při rotaci kolimátoru. Osou rotace světelné osy (přesněji průsečíkem osy rotace světelné osy s rovinou kolmou k ose rotace kolimátoru v uvažované vzdálenosti) rozumíme střed nejmenší kružnice opsané průsečíkům světelné osy s rovinou kolmou k ose rotace kolimátoru v uvažované vzdálenosti. Tolerance pro průměr této kružnice je 2 mm.

tolerance: 2 mm ϕ frekvence kontrol: pro základní polohu : týdně pro hlavní polohy : 2x ročně

Souhlas mezi osou rotace kolimátoru a světelnou osou

Kontroluje se zda vzdálenost průsečíků osy rotace kolimátoru a světelné osy (resp. osy rotace světelné osy, kde to má smysl) s rovinou kolmou k ose rotace kolimátoru v uvažované vzdálenosti je menší než 2 mm.

tolerance: 2 mm frekvence kontrol: pro základní polohu : týdně pro hlavní polohy : 2x ročně
--

Po ověření souhlasu geometrické osy kolimátoru, osy rotace kolimátoru a světelné osy (tj. splnění všech výše uvedených podmínek) považujeme uvedené tři osy za prakticky shodné. Tam, kde je v dalším textu použit termín "osa kolimátoru" bez dalšího rozlišení, o jakou osu se jedná, rozumí se touto osou přímka určená uvedenými třemi (prakticky shodnými) osami.

3.2 Poloha izocentra

Pro lokalizaci izocentra používáme světelnou osu (po ověření přesnosti dle bodu 3.1), příp. mechanický pointr (po ověření jeho přesnosti). Postupujeme např. následovně.

Při nastavení přístroje do základní polohy zafixujeme bod nezávislý na přístroji (např. konec tenké tyče) tak, aby ležel na světelné ose v předpokládané vzdálenosti izocentra od zdroje, případně v místě koncového bodu mechanického pointru. Pro všechny hlavní polohy přístroje určíme polohu světelné osy, případně koncového bodu mechanického

pointru vzhledem k uvedenému bodu. Průměr "obálky" vytvořené světelnou osou (koncovým bodem mechanického pointru) při rotaci ramene musí být menší než 3 mm.

Střed takto vytvořené "obálky" považujeme za izocentrum.

tolerance: 3 mm ϕ frekvence kontrol : měsíčně

3.3 Světelné zaměřovače (lasery)

Ozařovna musí být vybavena světelnými zaměřovači upevněnými k bočním stěnám a k čelní stěně nebo ke stropu ozařovny, které vyznačují v prostoru ozařovny světelné roviny, které musí být identické s hlavními rovinami.

Kontroluje se:

a) koincidence bočních zaměřovačů v místě izocentra

tolerance : 2 mm frekvence kontrol : týdně

b) seřízení světelných zaměřovačů do izocentra (stanoveného dle odst. 3.2)

tolerance : 2 mm frekvence kontrol : měsíčně

c) ortogonalita světelných rovin (vodorovnost, kolmost)

tolerance : 1° frekvence kontrol : měsíčně

d) zda v základní poloze ozařovače světelná osa souhlasí s rovinou laseru v sagitální rovině

tolerance : 2 mm frekvence kontrol : týdně

3.4 Optický dálkoměr

Odečet hodnoty optického dálkoměru musí být viditelný při libovolné poloze ramene v celém rozsahu ozařovacích vzdáleností. Lineární stupnice optického dálkoměru musí být dělena nejméně po 5 mm.

Kontroluje se:

a) přesnost optického dálkoměru

Kontroluje se pro základní polohu ozařovače pro používané ozařovací vzdálenosti. (alespoň v rozsahu standardní ozařovací vzdálenosti, definice viz terminologie,

±25 cm). Údaj dálkoměru se kontroluje odměřením od určené součásti (kalibrační pintr, lamely clon atd.), která bezprostředně souvisí s polohou zdroje. Popis takové součásti musí být obsahem průvodní dokumentace k ozařovači i s uvedením její vzdálenosti od zdroje záření.

tolerance : 2 mm frekvence kontrol : týdně

- b) nezávislost údaje optického dálkoměru na poloze ramene
Kontroluje se pro všechny hlavní polohy ozařovače ramene.

tolerance : 2 mm frekvence kontrol : měsíčně

3.5 Symetrie kolimátoru, rovnoběžnost a kolmost lamel

Pohyb lamel při změně velikosti radiačního pole by měl být prováděn motoricky a ovládán z ručního ovladače nebo z jiného místa uvnitř ozařovny, případně také z ovládacího panelu. Nastavená velikost pole musí být indikována v ozařovně a na ovládacím panelu v ovladovně. Stupnice velikosti pole musí být dělena alespoň po 2 mm.

Symetrie, rovnoběžnost a kolmost lamel kolimátoru se kontroluje pro všechny hlavní polohy přístroje při velikosti pole 10cm x 10cm a při maximální velikosti ozařovacího pole, vždy pro 2 polohy kolimátoru navzájem pootočené o 90° kolem osy 2.

- a) symetrie kolimátoru

Symetrie se ověřuje změřením vzdáleností mezi světelnou osou a středy stran světelného pole a stanoví se rozdíl mezi největší a nejmenší naměřenou hodnotou.

tolerance : 2 mm frekvence kontrol : 2x ročně
--

- b) rovnoběžnost a kolmost lamel kolimátoru

Rovnoběžnost a kolmost se kontroluje přímým měřením úhlů sevřených dostupnými páry lamel kolimátoru nebo měřením úhlů stran světelného pole.

tolerance : 1° frekvence kontrol : 2x ročně
--

3.6 Velikost světelného pole

Pro základní polohu ozařovače se porovná velikost světelného pole změřená ve standardní ozařovací vzdálenosti (definice viz terminologie) pro velikosti pole $5 \times 5 \text{ cm}^2$, $10 \times 10 \text{ cm}^2$ a $30 \times 30 \text{ cm}^2$ (resp. pro čtvercové pole maximálních rozměrů) s hodnotami na ovládacím panelu ozařovače. Totéž se provede i pro ostatní hlavní polohy ozařovače a pro minimální a maximální hodnoty ozařovací vzdálenosti.

U ozařovačů produkujících též elektronové svazky se tato kontrola provádí i pro kolimační systém vymežující elektronové svazky.

tolerance: 2 mm frekvence kontrol : pro základní polohu: týdně pro všechny hlavní polohy a různá SSD: 2x ročně

4. CHARAKTERISTIKY RADIAČNÍHO POLE SVAZKŮ ZÁŘENÍ X

4.1 Velikost radiačního pole

Velikost radiačního pole je dána rozměrem plochy vymezené 50% izodozní křivkou v rovině kolmé k ose svazku záření ve standardní ozařovací vzdálenosti. Kontroluje se pro velikosti pole 5x5, 10x10 a 30x30 cm² (resp. čtvercové pole maximálních rozměrů) pro všechny nominální energie záření X.

Standardní ozařovací vzdálenost (NTD - normal treatment distance) pro záření X je stanovena vzdálenost měřená podél osy svazku záření od zdroje záření X k izocentru nebo, pro zařízení bez izocentra, ke stanovené rovině (vstupní povrch objektu).

Vzhledem k časové náročnosti a náročnosti na počet použitých filmů se kontroly uvedené v kapitole 4 mohou provádět s následující frekvencí:

- pro základní polohu (úhel ramene 0°) pro všechny energie záření X měsíčně
- pro ostatní hlavní polohy (úhel ramene 90°, 180°, 270°) tak, aby 1x ročně byly zkontrolovány všechny energie ve všech hlavních polohách alespoň pro jednu velikost pole

4.1.1 Souhlas světelné osy a osy svazku záření

Kontrola se provádí např. pomocí filmu nastaveného do standardní ozařovací vzdálenosti, na který se přilepí papír k zakreslení světelného pole a vpichem se vyznačí rohy světelného pole. Překryje se vrstvou vodě ekvivalentního materiálu tak, aby byl v referenční hloubce (v případě izocentrického ozařování) resp. v hloubce maximální dávky (v případě neizocentrického ozařování) - viz Příloha III a ozáří se stanovenou dávkou. Pro účely zjištění zčernání odpovídajícího 50% dávce se neexponovaná část filmu ozáří poloviční dávkou za naprosto stejných podmínek. Po vyvolání se film denzitometricky vyhodnotí a stanoví se rozměry a poloha radiačního pole. Průsečík jeho úhlopříček definuje střed radiačního pole, který je průmětem osy svazku záření.

Stanovuje se vzdálenost mezi průměty světelné osy a osy svazku záření do roviny kolmé k ose svazku záření ve standardní ozařovací vzdálenosti.

tolerance : 2 mm frekvence kontrol: pro základní polohu : měsíčně pro hlavní polohy : 2x ročně

4.1.2 Souhlas světelného a radiačního pole

Stanovuje se maximální vzdálenost mezi okrajem světelného pole a okrajem radiačního pole z filmu ozářeného podle bodu 4.1.1.

tolerance: pro pole menší nebo rovno 20x20 cm ² : 2 mm pro pole větší než 20x20 cm ² : 3 mm frekvence kontrol: pro základní polohu : měsíčně pro hlavní polohy : 2x ročně
--

4.1.3 Souhlas velikosti radiačního pole a údaje na stupnici

Kontrola se provádí pomocí filmové dozimetrie na základě hodnocení filmů exponovaných podle bodu 4.1.1 nebo ve vodním fantomu na základě hodnocení dávkových profilů změřených ve standardní ozařovací vzdálenosti v referenční hloubce (v případě izocentrického ozařování) resp. v hloubce maximální dávky (v případě neizocentrického ozařování).

tolerance: pro pole menší nebo rovno 20x20 cm ² : 2 mm pro pole větší než 20x20 cm ² : 3 mm frekvence kontrol: pro základní polohu : měsíčně pro hlavní polohy : 2x ročně
--

4.2 Homogenita radiačního pole

Homogenita, symetrie a polostín radiačního pole se stanovují z dávkových profilů změřených ve vodním fantomu v referenční hloubce ve standardní ozařovací vzdálenosti (pro izocentrické ozařování), resp. s povrchem fantomu ve standardní ozařovací vzdálenosti (pro neizocentrické ozařování) - viz Příloha III, a to na hlavních osách a diagonálách čtvercových polí o velikosti 5x5, 10x10 a 30x30 cm² (nebo největší rozměr čtvercového pole) pro všechny nominální energie záření X. Příklady dávkových profilů jsou uvedeny na obr. 3.

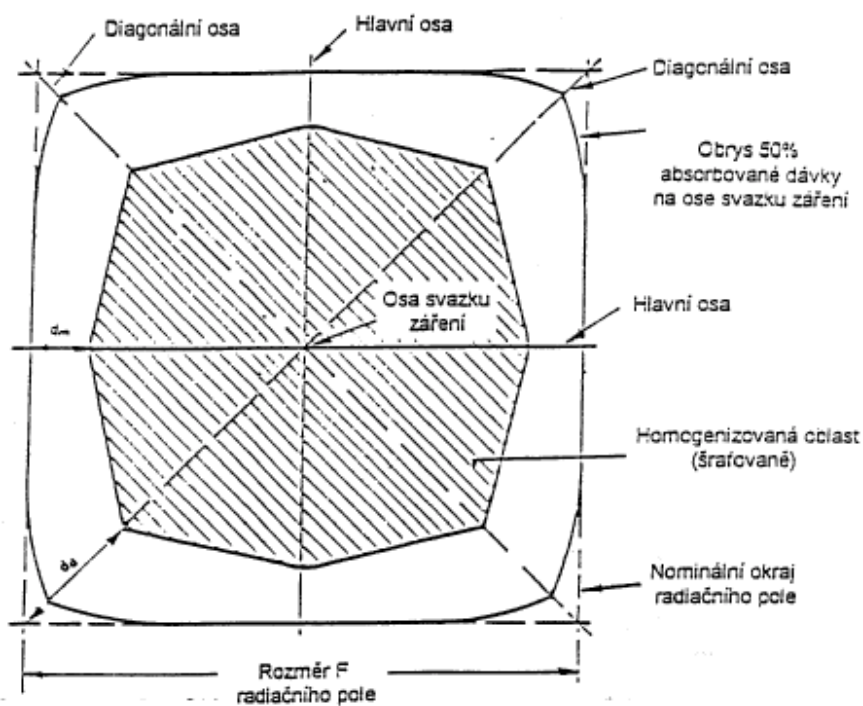
Homogenita a symetrie se stanovují v homogenizované oblasti radiačního pole, která je definována plochou vymezenou spojnicemi bodů ležících na hlavních osách a diagonálách čtvercových polí podle tabulky 4.1 a obr. 2.

TABULKA 4.1

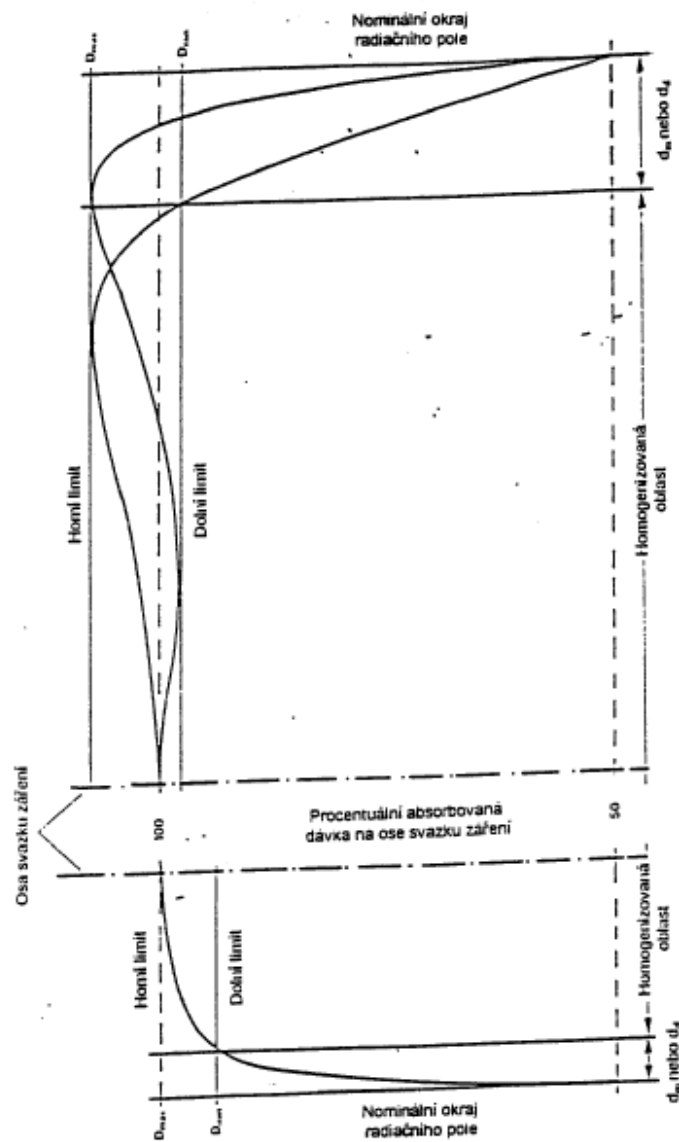
HOMOGENIZOVANÁ OBLAST PRO ZÁŘENÍ X PODLE OBR. 2

Velikost čtvercového radiačního pole $F/\text{cm}/*$	Hlavní osa $d_m / \text{cm}/$	Diagonála $d_d / \text{cm}/$
$F \leq 10$	1	2
$10 < F \leq 30$	$0,1 F$	$0,2 F$
$30 < F$	3	6

* Pro neizocentrické ozařování je F dáno 50% izodozní křivkou v referenční hloubce.



Obr. 2 Homogenizovaná oblast (vyznačená šrafovaně)



Obr. 3 Příklady profilů absorbované dávky podél hlavních os nebo diagonál. Všechny profily leží v rámci povolených limitů. V levé části obrázku jsou znázorněny profily pro malá pole, v pravé části profily pro velká pole $F > 30$ cm.

Homogenita je poměr maximální absorbované dávky stanovené v kterémkoliv místě radiačního pole (zprůměrované z plochy ne větší než 1 cm^2) k minimální absorbované dávce v homogenizované oblasti tohoto radiačního pole (zprůměrované z plochy ne větší než 1 cm^2), obojí v referenční hloubce.

tolerance: pro pole menší nebo rovno $30 \times 30 \text{ cm}^2$: 1.06 pro pole větší než $30 \times 30 \text{ cm}^2$: 1.10 frekvence kontrol: měsíčně

Stabilita homogenity v závislosti na úhlu ramene se kontroluje pro všechny hlavní polohy ozařovače např. ve fantomu připevněném k ozařovací hlavici. Odezva detektoru umístěného v referenční hloubce se stanovuje na ose svazku záření a v laterálních bodech, které leží na hlavních osách radiačního pole ve $2/3$ vzdálenosti mezi středem a okraji radiačního pole. Stanovuje se poměr dávky v laterálních bodech a dávky na ose svazku záření. Tolerance je vyjádřena jako krajní body intervalu, v němž se musí stanovený poměr nacházet.

tolerance: 0.97, 1.03 frekvence kontrol: 2x ročně
--

4.3 Symetrie radiačního pole

Symetrie radiačního pole se stanovuje z dávkových profilů změřených v odstavci 4.2 v homogenizované oblasti radiačního pole definované v odstavci 4.2.

Symetrie je definována jako maximální poměr absorbovaných dávek v bodech ležících symetricky vzhledem k ose svazku záření v referenční hloubce.

tolerance : 1.03 frekvence kontrol: měsíčně
--

Stabilita symetrie v závislosti na úhlu ramene se kontroluje pro všechny hlavní polohy ozařovače např. ve fantomu připevněném k ozařovací hlavici. Odezva detektoru umístěného v referenční hloubce se stanovuje v laterálních bodech, které leží na hlavních osách radiačního pole ve $2/3$ vzdálenosti mezi středem a okraji radiačního pole. Stanovuje se poměr dávky v laterálních bodech položených symetricky vzhledem k ose svazku záření. Tolerance je vyjádřena jako krajní body intervalu, v němž se musí stanovený poměr nacházet.

tolerance : 0.97, 1.03 frekvence kontrol: 2x ročně

4.4 Polostín radiačního pole

Polostín radiačního pole se stanovuje z dávkových profilů na hlavních osách radiačního pole změřených v odstavci 4.2.

Velikost polostínu je definována jako vzdálenost mezi 80% a 20% dávky na hlavních osách radiačního pole. Hodnoty 80% a 20% dávky jsou stanoveny vzhledem k dávce na ose svazku záření. Polostín se stanoví pro pole 5x5, 10x10 a 30x30 cm² (nebo největší rozměr čtvercového pole) a porovná se s referenčními hodnotami polostínu stanovenými při přijímací zkoušce. Tolerance pro tuto odchylku je 2 mm. Velikost polostínu pro pole 10x10 cm² by neměla být větší než 8 mm.

tolerance : 2 mm frekvence kontrol : měsíčně

4.5 Unikající záření

4.5.1 Záření pronikající kolimačním systémem

Kontroluje se, zda v pracovním stavu ozařovače (beam on) pro všechny velikosti pole zeslabí kolimační systém záření tak, aby absorbovaná dávka ve standardní ozařovací vzdálenosti kdekoliv v oblasti vymezené velikostí maximálního radiačního pole, s výjimkou nastaveného úzkého obdélníkového radiačního pole, nepřekročila 2% maximální absorbované dávky pro pole 10 cm x 10 cm měřené na ose svazku záření ve standardní ozařovací vzdálenosti.

Kontrola se provádí např. pomocí filmů umístěných kolmo k ose svazku záření do standardní ozařovací vzdálenosti pro maximální energii záření X pro dvě úzká obdélníková pole o velikosti $X_{\max} \times Y_{\min}$ a $X_{\min} \times Y_{\max}$. Otvor vymezený těmito poli se musí vystínit alespoň dvěma desetinovými tloušťkami absorpčního materiálu. Po vyhodnocení filmů se provede měření detektorem v místě maximálního unikajícího záření. Měření se provádí ve fantomu v hloubce maximální dávky.

tolerance : 2% frekvence kontrol : 2x ročně
--

4.5.2 Unikající záření vně maximálního radiačního pole

Kontroluje se, zda ochranné stínění ozařovače zeslabí ionizující záření tak, že v kruhu o poloměru 2 m, který má střed v ose svazku záření a je na ní kolmý v izocentru, mimo oblast vymezenou maximálním radiačním polem, absorbovaná dávka způsobená unikajícím zářením (mimo neutrony) nepřesáhne maximálně 0,2% a v průměru 0,1%

maximální absorbované dávky měřené ve středu dané roviny pro radiační pole 10 cm x 10 cm.

Při této kontrole musí být otvor kolimačního systému minimální a oblast vymezená maximálním radiačním polem musí být vystíněna minimálně třemi desetinovými tloušťkami vhodného absorpčního materiálu.

Měření se provádí pro všechny energie záření X. Bod maximálního unikajícího záření se stanoví pomocí filmu umístěného na ozařovací stůl mimo oblast vymezenou maximálním radiačním polem.

Průměrná hodnota unikajícího záření se měří asi v 16 bodech rovnoměrně rozložených ve výše popsané oblasti.

tolerance : pro maximální dávku: 0,2% pro průměrnou dávku: 0,1% frekvence kontrol : 2x ročně

5. DOZIMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY SVAZKŮ ZÁŘENÍ X

Při uvedení urychlovače do provozu a po každém větším zásahu do kolimačního systému nebo systému, který může ovlivnit dozimetrické charakteristiky svazků, je bezpodmínečně nutné provést kompletní dozimetrické měření zahrnující měření dávkového příkonu v referenčním bodě, ověření energie svazků záření X, určení dávkové distribuce pro všechny používané velikosti radiačního pole vždy alespoň v rovinách hlavních os čtvercových polí, stanovení závislosti dávkového příkonu na velikosti ozařovacího pole a stanovení klínových faktorů a faktorů podložky.

Tyto naměřené hodnoty, po nezávislém ověření vybraných parametrů, jsou pak používány jako hodnoty referenční při zkouškách provozní stálosti uvedených v bodech 5.1 až 5.6. Odchylku Δ měřené hodnoty (M_m) od referenční hodnoty (M_{ref}) definujeme jako:

$$\Delta = 100 \cdot (M_m - M_{ref}) / M_{ref} \quad [\%]$$

U urychlovačů, které produkují více energií záření X, se kontroly uvedené v této kapitole provádějí pro všechny nominální energie svazků záření X.

5.1 Absorbovaná dávka v referenčním bodě

Stanovení dávky v referenčním bodě, který leží v hloubce referenční roviny na ose svazku záření, se provádí pro pole 10cm x 10cm. Vzdálenost zdroj-detektor je pro izocentrické ozařování rovna standardní ozařovací vzdálenosti, pro neizocentrické ozařování je rovna standardní ozařovací vzdálenosti + referenční hloubka. Referenční podmínky jsou uvedeny v Příloze III. Postupuje se podle návodu SÚJB : Stanovení absorbované dávky v referenčním bodě.

Naměřená hodnota se srovnává s referenční hodnotou.

tolerance : 2% frekvence kontrol : měsíčně

5.2 Energie svazků záření X

Energie svazků záření X se vyjadřuje pomocí nominální energie udané v MV společně s hodnotou indexu kvality (quality index - QI). Index kvality je definovaný jako poměr

odezev ionizačních měření provedených na ose svazku záření při konstantní vzdálenosti zdroj-detektor 100 cm v hloubce vodního fantomu 20 a 10 cm při velikosti ozařovacího pole v místě detektoru 10 x 10 cm².

Měřením se stanovuje odchylka indexu kvality od referenční hodnoty indexu kvality.

tolerance : 3% frekvence kontrol : měsíčně

5.3 Faktory velikosti pole

Kontrola se provádí nejméně pro 3 čtvercová pole (pole 10cm x 10cm, nejmenší a největší používaný rozměr pole) v hloubce referenční roviny na ose svazku záření. Vzdálenost zdroj-detektor je stejná jako v kapitole 5.1. Dávkový příkon se měří komorou o objemu $\leq 0.3 \text{ cm}^3$. Dále se doporučuje provést měření též pro úzká obdélníková pole, např. 5 cm x 30 cm (resp. maximální velikost pole) a 30 cm x 5 cm. Pro každé pole o rozměrech \underline{a} cm x \underline{b} cm se stanoví faktor velikosti pole (output factor- OF), který je dán poměrem

$$OF = D_{a,b}/D_{10,10}$$

kde $D_{a,b}$ je dávkový příkon pro pole \underline{a} cm x \underline{b} cm a $D_{10,10}$ je dávkový příkon pro pole 10cm x 10cm. Tento poměr je porovnán s referenční hodnotou faktoru velikosti pole.

tolerance : 2% frekvence kontrol : 2x ročně
--

5.4 Klínové filtry

Na každém klínovém filtru musí být vyryty následující údaje:

- *nominální hodnota úhlu klínového filtru,*
- *maximální rozměry pole, pro které lze klínový filtr použít.*

5.4.1 Klínové faktory

Měření se provádí pro všechny používané klínové filtry v hloubce referenční roviny na ose svazku záření pro pole 10cm x 10cm. Vzdálenost zdroj-detektor je stejná jako v kapitole 5.1. Dávkový příkon se měří komorou o objemu $\leq 0.3 \text{ cm}^3$, přičemž osa cylindrické komory je kolmá ke gradientu klínového filtru. Měření se provádí pro dvě polohy klínového filtru dosažené rotací kolimačního systému o 180°, přičemž naměřené hodnoty se nesmí lišit o více než 2%.

Pro každý klínový filtr se stanoví klínový faktor (wedge factor - WF), který je dán poměrem

$$WF = D_{10,10,W}/D_{10,10}$$

kde $D_{10,10,W}$ je průměrná hodnota dávkového příkonu pro pole 10cm x 10cm s klínovým filtrem ve dvou polohách kolimátoru a $D_{10,10}$ je dávkový příkon pro pole 10cm x 10cm bez klínového filtru. Tento poměr je porovnán s referenční hodnotou klínového faktoru.

tolerance : 2% frekvence kontrol : 2x ročně
--

5.4.2 Kontrola polohy klínu

Klínový faktor se stanoví v každé možné poloze klínového filtru v kolimátoru (vždy pro dvě polohy kolimátoru dosažené rotací kolimátoru o 180°), přičemž jednotlivé hodnoty klínových faktorů se nesmějí lišit o více než 1%.

tolerance : 1% frekvence kontrol : 2x ročně
--

5.5 Faktory podložky

Měření se provádí pro všechny používané podložky pod bloky v hloubce referenční roviny na ose svazku záření pro pole 10cm x 10cm. Vzdálenost zdroj-detektor je stejná jako v kapitole 5.1. Pro každou podložku pod bloky se stanoví faktor podložky (tray factor - TF), který je dán poměrem

$$TF = D_{10,10, \text{podl}} / D_{10,10}$$

kde $D_{10,10, \text{podl}}$ je dávkový příkon pro pole 10cm x 10cm s podložkou pod bloky a $D_{10,10}$ je dávkový příkon pro otevřené pole 10cm x 10cm (bez podložky pod bloky). Tento poměr je porovnán s referenční hodnotou faktoru podložky.

tolerance : 2% frekvence kontrol : 2x ročně
--

5.6 Faktory zeslabení stínícím blokem

Měření se provádí pro všechny materiály bloků a pro všechny výšky bloků v hloubce referenční roviny na ose svazku záření pro pole 10cm x 10cm. Vzdálenost zdroj-detektor je stejná jako v kapitole 5.1. Stanoví se faktor zeslabení stínícím blokem (BF), který je dán poměrem

$$BF = D_{10,10, \text{blok+podl}} / D_{10,10, \text{podl}}$$

kde $D_{10,10, \text{blok+podl}}$ je dávkový příkon pro pole 10cm x 10cm s blokem a s podložkou pod bloky a $D_{10,10, \text{podl}}$ je dávkový příkon pro pole 10cm x 10cm s podložkou pod bloky. Tento poměr je porovnán s referenční hodnotou faktoru zeslabení stínícím blokem.

tolerance : 2%
frekvence kontrol : 2x ročně

6. CHARAKTERISTIKY RADIAČNÍHO POLE ELEKTRONOVÝCH SVAZKŮ

6.1 Velikost radiačního pole

Velikost radiačního pole je dána rozměrem plochy vymezené 50% izodozní křivkou v rovině kolmé k ose svazku záření v referenční hloubce s povrchem fantomu ve standardní ozařovací vzdálenosti³. Kontroluje se pro velikosti pole 5x5, 10x10 a 30x30 cm² (resp. pro čtvercové pole maximálních rozměrů) pro všechny nominální energie elektronů.

Standardní ozařovací vzdálenost (NTD - normal treatment distance) pro elektrony je stanovená vzdálenost měřená podél osy svazku záření od zdroje elektronů ke vstupnímu povrchu objektu.

Kontrola se provádí pomocí filmu nebo měření ve vodním fantomu obdobně jako v kapitole 4.1, přičemž měření se provádí v referenční hloubce s povrchem fantomu ve standardní ozařovací vzdálenosti - viz Příloha III.

Vzhledem k časové náročnosti a náročnosti na počet použitých filmů se kontroly uvedené v kapitole 6 mohou provádět s následující frekvencí.

- Pro základní polohu (úhel ramene 0°) tak, aby 1x za půl roku byly zkontrolovány všechny energie elektronů a všechny tubusy (resp. zvolené velikosti polí). To lze provést tak, že
 - buď každý měsíc zkontrolujeme 1 tubus (1 velikost pole) pro všechny energie a tubusy cyklicky střídáme
 - nebo každý měsíc zkontrolujeme všechny tubusy pro 1 energii a energie cyklicky střídáme.
- Pro ostatní hlavní polohy (úhel ramene 90°, 180°, 270°) tak, aby 1x ročně byly zkontrolovány všechny energie v ostatních hlavních polohách alespoň pro jednu velikost pole (tubus).

6.1.1 Souhlas světelné osy a osy svazku záření

Stanovuje se vzdálenost mezi průměty světelné osy a osy svazku záření do roviny kolmé k ose svazku záření ve standardní ozařovací vzdálenosti.

tolerance : 4 mm frekvence kontrol: pro základní polohu : měsíčně pro hlavní polohy : 2x ročně

6.1.2 Souhlas velikosti radiačního pole a údaje na stupnici

³ Tyto referenční podmínky pro elektronové svazky doporučuje ČSN IEC 976. Pokud výrobce přístroje uvádí jiné referenční podmínky, je třeba je respektovat.

tolerance: 2mm frekvence kontrol: pro základní polohu : měsíčně pro hlavní polohy : 2x ročně

6.2 Homogenita radiačního pole

Homogenita, symetrie a polostín radiačního pole se stanovují z dávkových profilů změřených v referenční hloubce s povrchem fantomu ve standardní ozařovací vzdálenosti (nejlépe ve vodním fantomu) pro velká pole (větší nebo rovna 25 cm x 25 cm) a pro pole maximálních rozměrů pro všechny nominální energie elektronů.

Maximální vzdálenost mezi 90% izodozou a okrajem projekce geometrického pole (geometrické pole se zde projektuje rovnoběžně s osou svazku záření - viz obr. 4) v referenční hloubce

- podél hlavních os A (viz obr. 4) musí být menší než 10 mm,
- podél os úhlů rohů geometrického pole C (viz obr. 4) musí být menší než 20 mm.

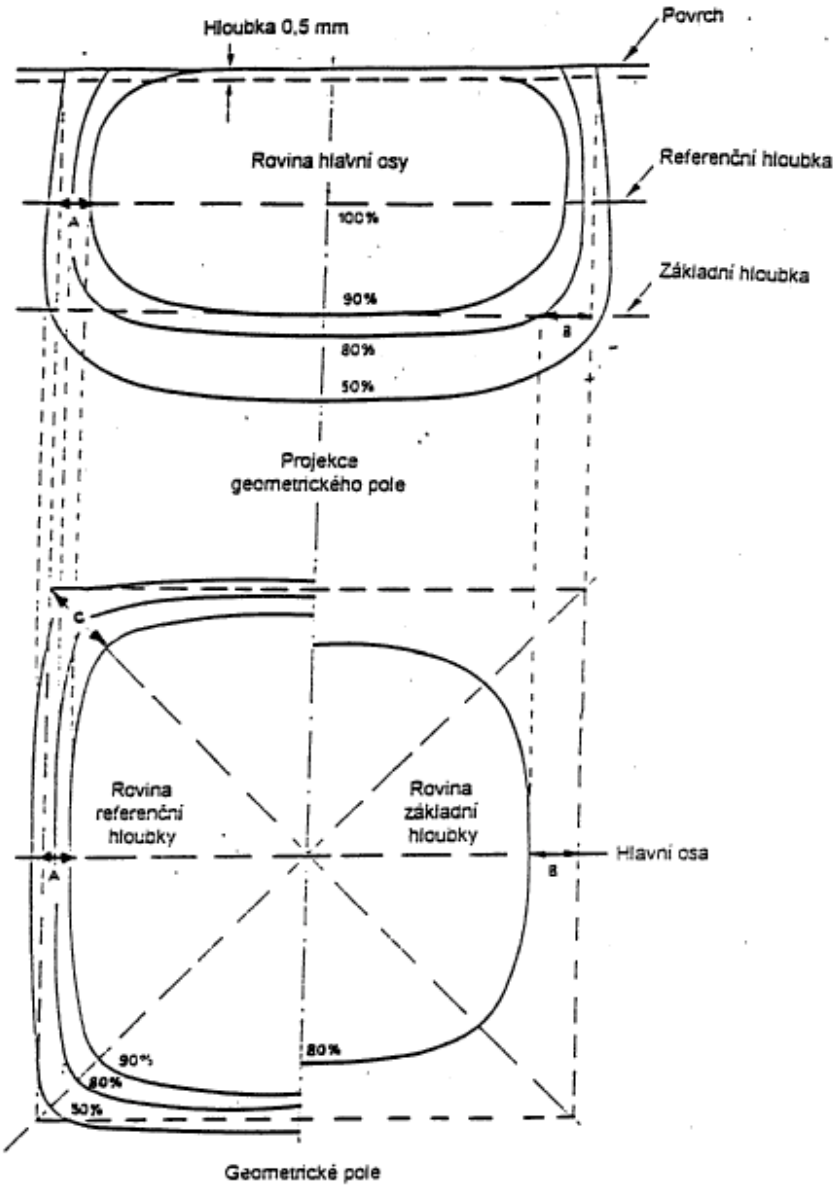
tolerance : $A \leq 10 \text{ mm}$ $C \leq 20 \text{ mm}$ frekvence kontrol: měsíčně
--

Stabilita homogenity v závislosti na úhlu ramene se kontroluje pro všechny hlavní polohy ozařovače pro maximální velikost pole např. ve fantomu připevněném k ozařovací hlavici. Odezva detektoru umístěného v referenční hloubce se stanovuje na ose svazku záření a v laterálních bodech, které leží na hlavních osách radiačního pole ve 2/3 vzdálenosti mezi středem a okraji radiačního pole. Stanovuje se poměr dávky v laterálních bodech a dávky na ose svazku záření. Tolerance je vyjádřena jako krajní body intervalu, v němž se musí stanovený poměr nacházet.

tolerance : 0.97, 1.03
frekvence kontrol: 2x ročně

6.3 Symetrie radičního pole

Symetrie radičního pole se stanovuje z dávkových profilů změřených v odstavci 6.2 v homogenizované oblasti radičního pole ohraničené 90% izodozou zmenšenou o 1 cm směrem dovnitř.



Obr. 4 Definice homogenity pro elektronové svazky

Symetrie je definována jako maximální poměr absorbovaných dávek v bodech ležících symetricky vzhledem k ose svazku záření.

tolerance : 1.05 frekvence kontrol: měsíčně
--

Stabilita symetrie v závislosti na úhlu ramene se kontroluje pro všechny hlavní polohy ozařovače např. ve fantomu připevněném k ozařovací hlavici. Odezva detektoru umístěného v referenční hloubce se stanovuje v laterálních bodech, které leží na hlavních osách radiačního pole ve 2/3 vzdálenosti mezi středem a okraji radiačního pole. Stanovuje se poměr dávky v laterálních bodech položených symetricky vzhledem k ose svazku záření. Tolerance je vyjádřena jako krajní body intervalu, v němž se musí stanovený poměr nacházet.

tolerance: 0.95, 1.05 frekvence kontrol: 2x ročně
--

6.4 Polostín radiačního pole

Polostín se stanovuje pro každou nominální energii elektronů z dávkových profilů na hlavních osách radiačního pole změřených v odstavci 6.2.

Velikost polostínu je definována jako vzdálenost mezi 80% a 20% dávkou na hlavních osách radiačního pole. Hodnoty 80% a 20% dávky jsou stanoveny vzhledem k dávce na ose svazku záření. Naměřené hodnoty polostínu se porovnají s referenčními hodnotami polostínu stanovenými při přijímací zkoušce. Tolerance pro tuto odchylku je 2 mm. Velikost polostínu pro pole 10x10 cm² by neměla být větší než 8mm.

tolerance : 2 mm frekvence kontrol : měsíčně

6.5 Unikající záření

6.5.1 Záření pronikající kolimačním systémem

- a) Kontroluje se, zda v pracovním stavu ozařovače zeslabí kolimační systém resp. elektronové tubusy záření tak, aby absorbovaná dávka, vyjádřená v procentech maximální absorbované dávky na ose svazku záření ve standardní ozařovací vzdálenosti, nepřekročila hodnotu 10% v oblasti ležící mezi daným radiačním polem zvětšeným o 2 cm na všechny strany a maximálním radiačním polem.

Dále se kontroluje, zda průměrná absorbovaná dávka způsobená unikajícím zářením v oblasti ležící mezi daným radiačním polem zvětšeným o 4 cm na všechny strany a maximálním radiačním polem nepřekročí stanovenou toleranci: 1% pro energie elektronů do 10 MeV, 1.5% pro energie nad 10 MeV.

Kontrola se provádí např. pomocí filmů umístěných kolmo k ose svazku záření do standardní ozařovací vzdálenosti pro minimální a maximální energii elektronů pro používané elektronové tubusy, resp. používané velikosti polí. Film musí být překryt vrstvou 10 mm tkáni-ekvivalentního materiálu. Po vyhodnocení filmů se v místě maximálního unikajícího záření provede měření detektorem, jehož účinný průřez nepřesahuje 1 cm^2 a který je vhodně chráněn před zářením rozptýleným z materiálu ležícího za detektorem. Měření se provádí ve vzduchu.

tolerance : pro maximální dávku: 10% pro průměrnou dávku: 1%/1.5% frekvence kontrol : 2x ročně

- b) Kontroluje se, zda absorbovaná dávka měřená ve vzdálenosti 2 cm od povrchu elektronového tubusu nepřesáhne 10% maximální absorbované dávky na ose svazku záření ve standardní ozařovací vzdálenosti.

tolerance : 10% frekvence kontrol : 2x ročně

6.5.2 Unikající záření vně maximálního radiačního pole

Kontroluje se, zda ochranné stínění ozařovače zeslabí ionizující záření tak, že v kruhu o poloměru 2 m, který má střed v ose svazku záření a je na ní kolmý v izocentru, mimo oblast vymezenou maximálním radiačním polem, absorbovaná dávka způsobená unikajícím zářením (mimo neutrony) nepřesáhne maximálně 0,2% a v průměru 0,1% maximální absorbované dávky měřené ve středu dané roviny pro radiační pole 10 cm x 10 cm.

Při této kontrole musí být otvor kolimačního systému minimální a oblast vymezená maximálním radiačním polem musí být vystíněna minimálně třemi desetinovými tloušťkami vhodného absorpčního materiálu.

Měření se provádí pro maximální energii elektronů. Bod maximálního unikajícího záření se stanoví pomocí filmu umístěného na ozařovací stůl mimo oblast vymezenou maximálním radiačním polem. Průměrná hodnota unikajícího záření se měří asi v 16 bodech rovnoměrně rozložených ve výše popsané oblasti.

tolerance : pro maximální dávku: 0,2% pro průměrnou dávku: 0,1% frekvence kontrol : 2x ročně

7. DOZIMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY ELEKTRONOVÝCH SVAZKŮ

Při uvedení urychlovače do provozu a po každém větším zásahu do kolimačního systému nebo systému, který může ovlivnit dozimetrické charakteristiky svazků, je bezpodmínečně nutné provést kompletní dozimetrické měření zahrnující měření dávkového příkonu v referenčním bodě, ověření energie elektronových svazků, určení dávkové distribuce pro všechny používané velikosti radiačního pole vždy alespoň v rovinách hlavních os čtvercových polí a stanovení závislosti dávkového příkonu na velikosti ozařovacího pole.

Tyto naměřené hodnoty, po nezávislém ověření vybraných parametrů, jsou pak používány jako hodnoty referenční při zkouškách provozní stálosti uvedených v bodech 7.1 až 7.3. Odchylku Δ měřené hodnoty (M_m) od referenční hodnoty (M_{ref}) definujeme jako:

$$\Delta = 100 \cdot (M_m - M_{ref}) / M_{ref} \quad [\%]$$

U urychlovačů, které produkují více energií elektronů, se kontroly uvedené v této kapitole provádějí pro všechny nominální energie elektronů.

7.1 Absorbovaná dávka v referenčním bodě

Stanovení dávky v referenčním bodě se provádí ve vodním fantomu podle návodu SÚJB: Stanovení absorbované dávky v referenčním bodě. (Povrch fantomu ve standardní ozařovací vzdálenosti, velikost ozařovacího pole na povrchu fantomu $10 \times 10 \text{ cm}^2$, referenční bod v hloubce referenční roviny na ose svazku záření.) Referenční podmínky jsou uvedeny v Příloze III.

Naměřená hodnota se srovnává s referenční hodnotou.

tolerance : 2% frekvence kontrol : měsíčně

7.2 Energie elektronových svazků

Základní energetické parametry elektronových svazků (E_0) se stanovují podle návodu SÚJB: Stanovení absorbované dávky v referenčním bodě.

Měřením se stanovuje odchylka daného parametru od referenční hodnoty.

tolerance : 3% frekvence kontrol : 2x ročně
--

7.2.1 Ověření stability energie

Během přijímacích zkoušek, při kterých jsou stanovovány energie elektronových svazků, se stanoví i poměr ionizací J_2/J_1 z měření na ose svazku záření ve dvou různých hloubkách

- hodnota J_1 je měřena v hloubce maximální dávky
- hodnota J_2 je měřena v hloubce odpovídající přibližně 50% maximální dávky

Pro každou nominální energii se stanovuje odchylka od referenční hodnoty J_2/J_1 .

tolerance : 4%
frekvence kontrol : měsíčně

Pozn.: Tuto kontrolu lze provádět jednodušeji pomocí zařízení, která se používají k testování systému monitorování dávky a jsou tvořena deskou s otvorem pro detektor a příloženými deskami různé tloušťky k vytvoření potřebné vrstvy nad detektorem.

7.3 Faktory velikosti pole

Kontrola se provádí nejméně pro 3 čtvercová pole (pole 10cm x 10cm, nejmenší a největší používaný rozměr pole) v hloubce referenční roviny na ose svazku záření. Pro každé pole o rozměrech \underline{a} cm x \underline{b} cm se stanoví faktor velikosti pole (output factor-OF), který je dán poměrem

$$OF = D_{a,b}/D_{10,10}$$

kde $D_{a,b}$ je dávkový příkon pro pole \underline{a} cm x \underline{b} cm a $D_{10,10}$ je dávkový příkon pro pole 10cm x 10cm. Tento poměr je porovnán s referenční hodnotou faktoru velikosti pole.

tolerance : 2%
frekvence kontrol : 2x ročně

8. SYSTÉM MONITOROVÁNÍ DÁVKY

Za normálních pracovních podmínek bude odečet na systému monitorování dávky úměrný obdržené dávce. Vztah mezi odečtem monitoru a dávkou závisí na nominální energii, typu kolimátoru, velikosti pole, rozptylových foliích a homogenizačních filtrech. Změny v údajích, daných monitorem jako funkce těchto parametrů, však nesmí překročit 30%. Odezva monitoru musí být nezávislá na dávkovém příkonu, směru radiačního pole, teplotě a tlaku v rozsahu provozních podmínek. Nezávislost na dávkovém příkonu musí být v limitu 1% v celém rozsahu dávkového příkonu (min. - max.)

Pro kontroly systému monitorování dávky je výhodné použít zařízení (rutinní dozimetr + fantom) fixované k ozařovací hlavici, aby byla zajištěna reprodukovatelnost měření. Hloubka měření je proměnná podle povahy svazku záření a podle energie. Fantom je tedy většinou sestaven ze základního bloku a přídatných vrstev, které jsou přidávány podle hodnoty nominální energie.

8.1 Stabilita

Pro daný počet monitorovacích jednotek se odezva rutinního dozimetru korigovaná na tlak a teplotu nesmí odchylovat o více než 2% od referenční hodnoty, stanovené při měsíčních kontrolách dávky, popsaných v kapitole 5.1 a 7.1.

tolerance : 2% frekvence kontrol : denně

8.2 Reprodukovatelnost

Reprodukovatelnost systému monitorování dávky je definována jako variační koeficient s :

$$s = (100/R') \cdot [\sum(R' - R_i)^2 / (n-1)]^{1/2} \%$$

kde R_i je poměr i -tého měření mezi počtem monitorových jednotek a počtem jednotek stanovených dozimetrem

R' průměrná hodnota poměrů R_i

n je počet měření

Σ suma pro $i=1$ až n

Pro jednu nominální energii záření X , jednu nominální energii elektronů, pro základní polohu ozařovače a pro nejčastěji používaný dávkový příkon se provede nejméně 10 měření. Volí se standardní velikost pole $10 \times 10 \text{ cm}^2$ nebo $20 \times 20 \text{ cm}^2$ a měří se ve standardní ozařovací vzdálenosti.

tolerance : 0,5% frekvence kontrol : 2x ročně
--

8.3 Linearita

Linearita systému monitorování dávky je definována jako poměr S mezi odečtem dozimetrické soustavy L a odečtem monitorových jednotek U:

$$S = L/U$$

Měření se provádí v základní poloze ozařovače. Hodnoty S se stanovují pro narůstající počet monitorových jednotek a pro jednu nominální energii záření X a jednu nominální energii elektronů pro nejčastěji používaný dávkový příkon. Spočítá se průměrná hodnota S' , přičemž maximální odchylka S od průměrné hodnoty nesmí být větší než 2%.

tolerance : 2% frekvence kontrol : 2x ročně
--

8.4 Závislost na rotaci ramene

U stacionární terapie se měření závislosti systému monitorování dávky na úhlu ramene provádí pro všechny hlavní polohy ozařovače pro nejčastěji používaný dávkový příkon. Při měřeních obdržíme střední hodnotu měření pro každou ze čtyř hlavních poloh ozařovače a celkovou střední hodnotu ze všech měření R. Definice R_i viz kapitola 8.2. Závislost na rotaci ramene je definována jako koeficient H:

$$H = 100 \cdot (R_{\max} - R_{\min})/R,$$

kde R_{\max} a R_{\min} jsou maximální a minimální střední hodnota pro jednotlivé hlavní polohy ozařovače.

tolerance : 3% frekvence kontrol : 2x ročně
--

U rotační terapie se kontrola provádí pro oblouk 45° pro různé počáteční úhly rotace ramene. Kontrola se provádí pro oba směry rotace ramene pro zvolenou nominální energii a nejčastěji používaný dávkový příkon.

tolerance : 2% frekvence kontrol : 2x ročně
--

8.5 Ukončení pohybové terapie

Dále je třeba kontrolovat ukončení pohybové terapie pro jednu nominální energii záření X, pro jednu nominální energii elektronů, pro základní polohu ozařovače a pro minimální a maximální počet monitorových jednotek na 1° rotace ramene. Rotace ramene může být ukončena buď zadaným úhlem rotace (zadanou délkou kyvu) nebo systémem monitorování dávky.

Ukončí-li ozařování délka kyvu (úhel rotace ramene), stanovuje se maximální rozdíl mezi údajem o počtu monitorových jednotek a hodnotou spočtenou vynásobením nastavených monitorových jednotek na jeden stupeň a nastavenou délkou kyvu (úhlem rotace ramene).

tolerance : 5% frekvence kontrol : měsíčně

Ukončí-li ozařování systém monitorování dávky, stanovuje se rozdíl (ve stupních) mezi délkou kyvu, který rameno vykonalo a délkou kyvu spočtenou jako podíl nastavených monitorových jednotek a počtu nastavených monitorových jednotek na jeden stupeň.

tolerance : 3° frekvence kontrol : měsíčně

9. OZAŘOVACÍ STŮL

Pokud není stanoveno jinak, provádějí se kontroly stolu za těchto podmínek :

- přístroj v základní poloze,
- úhel izocentrické rotace stolu 0° ,
- úhel rotace desky stolu 0° ,
- hodnota na stupnici ukazující výšku stolu 0 cm (deska stolu ve výšce izocentra),
- stůl není zatížen závažím.

9.1 Svislý pohyb

Kontroluje se poloha průmětu světelné osy na desku stolu pro dvě polohy výšky stolu posunutě alespoň o 30 cm.

tolerance : 2 mm frekvence kontrol : 2x ročně
--

9.2 Izocentrická rotace stolu

Kontroluje se poloha průmětu světelné osy na desku stolu při izocentrické rotaci stolu. Stanovuje se průměr kružnice opisované průmětem světelné osy na desku stolu.

tolerance : 3 mm ϕ frekvence kontrol : 2x ročně

9.3 Pevnost uložení a tuhost desky stolu

Na okraj stolu blíže ke stojanu přístroje se uloží závaží o hmotnosti 50 kg a měří se změna svislé souřadnice (výšky) desky stolu při příčném a podélném pohybu. K určení výšky desky stolu je možno použít například těchto metod:

- měření svislé vzdálenosti desky stolu od podlahy,
- měření vzdálenosti mezi deskou stolu a vodorovnou rovinou určenou bočními světelnými zaměřovači,
- měření pomocí mechanického zaměřovače nebo optického dálkoměru.

9.3.1 Příčný pohyb

Zjistíme, zda při příčném pohybu desky stolu mezi oběma krajními polohami dochází ke změně výšky stolu. Kontrola se provádí pro obě krajní polohy příčného pohybu desky stolu.

tolerance : 5 mm frekvence kontrol : 2x ročně
--

9.3.2 Podélný pohyb

Provedeme totéž pro podélný posuv desky stolu mezi oběma krajními polohami.

tolerance : 5 mm frekvence kontrol : 2x ročně
--

9.4 Stálost nastavené výšky stolu

Měří se pokles výšky stolu při zatížení závažím o hmotnosti 135 kg po dobu 10 minut.

tolerance : 2 mm frekvence kontrol : 2x ročně
--

10. PŘEHLED ZKOUŠEK PROVOZNÍ STÁLOSTI A ZKOUŠEK DLOUHODOBÉ STABILITY

Zkoušky provozní stálosti obsahují denní, týdenní, měsíční a půlroční kontroly.

Jedenkrát za půl roku se provedou všechny kontroly uvedené v tabulkách 10.1 - 10.4. Jedenkrát ročně se tato sada kontrol považuje za **zkoušku dlouhodobé stability**, pokud je provedena v souladu s Vyhláškou č.184/1997 Sb., tzn. pokud ji provádí osoba (právnícká nebo fyzická) mající příslušné povolení SÚJB a řídí fyzická osoba se zvláštní odbornou způsobilostí.

Optimálním řešením je, když povolení SÚJB pro provádění zkoušky dlouhodobé stability vlastní držitel povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření (nemocnice) a zkoušku řídí místní fyzik, který je osobou se zvláštní odbornou způsobilostí.

V případě, že držitel povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření nevlastní povolení SÚJB pro provádění zkoušky dlouhodobé stability (například proto, že nemá potřebné technické vybavení) nebo nezaměstnává fyzika se zvláštní odbornou způsobilostí, musí si k provádění zkoušky dlouhodobé stability příslušnou osobu přizvat. Tato zkouška se provádí za přítomnosti místního fyzika, protože by měla být doplněna o vyhodnocení a analýzu zkoušek provozní stálosti za uplynulý rok.

Přejímací zkouška se provádí v souladu s Vyhláškou č.184/1997 Sb. a s ČSN IEC 977, přičemž uvedené denní, týdenní, měsíční a půlroční kontroly mohou sloužit jako minimální sada kontrol pro přejímací zkoušku přístroje.

Přejímací zkouška v radioterapii zahrnuje dvě části: přejímací zkoušku zdroje (převzetí zdroje uživatelem od dodavatele přejímacím protokolem - acceptance test) a ustavení systému klinické dozimetrie (nabírání dat - commissioning a další).

Pro **hodnocení výsledků kontrol** je zde uváděna tolerance. Jestliže odchylka naměřené hodnoty od referenční hodnoty určitého parametru nebo naměřená hodnota určitého parametru překročí toleranci, je nutné zařízení odstavit z klinického provozu a závadu odstranit. U některých parametrů se provádí pouze kontrola funkčnosti, přičemž při nefunkčnosti je nutné před pokračováním v provozu provést nápravu, obdobně jako při překročení tolerance.

Tolerance je, v souladu s předchozím textem, vyjádřena:

- 1) jako hodnota v mm či stupních, s níž se porovnává naměřená hodnota (např. koincidence bočních zaměřovačů nebo průměr kružnice při kontrole polohy izocentra) nebo rozdíl naměřené a nominální hodnoty (např. přesnost optického dálkoměru).

- 2) jako hodnota v %, s níž se porovnává odchylka naměřené hodnoty od referenční hodnoty vyjádřená jako $\Delta=100 \cdot (M_{\text{měř}} - M_{\text{ref}}) / M_{\text{ref}}$ [%], kde $M_{\text{měř}}$ je naměřená hodnota a M_{ref} je referenční hodnota stanovená při přijímací zkoušce (např. stálost dávky).
- 3) jako bezrozměrné číslo, se kterým se porovnává stanovený poměr naměřených hodnot (např. homogenita radiačního pole).
- 4) jako krajní body intervalu, v němž se musí stanovený poměr naměřených hodnot nacházet (např. stabilita homogenity radiačního pole).

Tam, kde to má smysl, tj. kde tolerance představují limitní odchylky na obě strany od požadované hodnoty, je třeba uvedené hodnoty chápat jako hodnoty \pm , přestože to není v textu ani v tabulkách explicitně uvedeno.

Poznámky k následujícím tabulkám:

*) kontrola se provádí pro základní polohu ozařovače

***) kontrola se provádí pro všechny hlavní polohy ozařovače

F - kontrola funkčnosti

10.1 Denní kontroly

Vymezení kontroly	Kapitola	Tolerance
1. Měřidla pracovních parametrů ***		F
2. Signalizace stavu přístroje	2.1	F
3. Vstup do ozařovny	2.2.1	F
4. Antikolizní systém	2.2.3	F
5. Pohyby ozařovače (včetně STOP tlačítek)	2.2.5	F
6. Stav ozařovacích pomůcek	2.2.6	F
7. Volba druhu záření	2.3.1	F
8. Volba energie	2.3.2	F
9. Systém sledování pacienta (zvuk, obraz)	2.4	F
10. Stabilita systému monitorování dávky	8.1	2%

****) např. teplota chladicí vody atd. dle technické dokumentace ozařovače

10.2 Týdenní kontroly

Vymezení kontroly	Kapitola	Tolerance
1. Nouzové vypínače	2.2.2	F
2. Souhlas geometrické osy a osy rotace kolimátoru*	3.1	2 mm ϕ
3. Souhlas osy rotace kolimátoru a světelné osy*	3.1	2 mm
4. Koincidence bočních zaměřovačů v izocentru	3.3	2 mm
5. Souhlas světelné osy s rovinou laseru v sagit. rovině	3.3	2 mm
6. Přesnost optického dálkoměru*	3.4	2 mm
7. Shoda velikosti světelného pole s indikovaným údajem*	3.6	2 mm

*) kontrola se provádí pro základní polohu ozařovače

10.3 Měsíční kontroly

Vymezení kontroly	Kapitola	tolerance
1. Elektronické úhlové stupnice	1.2.2	1°
2. Elektronické délkové stupnice	1.3.2	2 mm
3. Koncové polohy	2.2.4	F
4. Rotace ramene - volba stacionární n. pohybové terapie	2.2.5	F
5. Kontrola mechanického ovládání stolu	2.2.5	F
6. Kontrola kódování ozařovacích pomůcek	2.2.6	F
7. Kontrola systému monitorování dávky	2.3.3	F
8. Kontrola řídicího časovače	2.3.4	F
9. Poloha izocentra	3.2	3 mm ϕ
10. Seřízení světelných zaměřovačů do izocentra	3.3	2 mm
11. Ortogonalita světelných rovin	3.3	1°
12. Přesnost optického dálkoměru**	3.4	2 mm
CHARAKTERISTIKY SVAZKŮ ZÁŘENÍ X		
13. Souhlas světelné osy a osy svazku záření*	4.1.1	2 mm
14. Shoda velikosti světelného a radiačního pole* pro pole menší nebo rovno 20x20 cm ² pro pole větší než 20x20 cm ²	4.1.2	2 mm 3 mm
15. Shoda velikosti radiačního pole s indikovaným údajem* pro pole menší nebo rovno 20x20 cm ² pro pole větší než 20x20 cm ²	4.1.3	2 mm 3 mm
16. Homogenita radiačního pole*	4.2	1.06/1,10
17. Symetrie radiačního pole*	4.3	1.03
18. Radiační polostín*	4.4	2 mm
19. Stanovení absorbované dávky v referenčním bodě	5.1	2%
20. Energetické parametry svazku záření	5.2	3%
CHARAKTERISTIKY ELEKTRONOVÝCH SVAZKŮ		
21. Souhlas světelné osy a osy svazku záření*	6.1.1	4 mm
22. Shoda velikosti radiačního pole s indikovaným údajem*	6.1.3	2 mm
23. Homogenita radiačního pole* - podél hlavní osy - podél diagonály	6.2	10 mm 20 mm
24. Symetrie radiačního pole*	6.3	1.05
25. Radiační polostín*	6.4	2 mm
26. Stanovení absorbované dávky v referenčním bodě	7.1	2%
27. Ověření stability energie	7.2.1	4%
28. Ukončení pohybové terapie	8.5	5% / 3°

*) kontrola se provádí pro základní polohu ozařovače

***) kontrola se provádí pro všechny hlavní polohy ozařovače

10.4 Půlroční kontroly

Vymezení kontroly	Kapitola	Tolerance
1. Mechanické úhlové stupnice	1.2.2	1°
2. Mechanické délkové stupnice	1.3.2	2 mm
3. Zbytkový pohyb („dojezd“) - ramene - stolu	2.2.5	0,5°/3° 3/10mm
4. Nastavení ozařovacích pomůcek - kolmost - poloha	2.2.6	1° 2 mm
5. Souhlas geometrické osy a osy rotace kolimátoru**	3.1	2 mm ϕ
6. Souhlas osy rotace kolimátoru a světelné osy**	3.1	2 mm
7. Geometrie kolimátoru - a) symetrie lamel kolimátoru b) rovnoběžnost a kolmost lamel kolimátoru	3.5 3.5	2 mm 1°
8. Shoda velikosti světelného pole s indikovaným údajem**	3.6	2 mm
CHARAKTERISTIKY SVAZKŮ ZÁŘENÍ X		
9. Souhlas světelné osy a osy svazku záření**	4.1.1	2 mm
10. Shoda velikosti světelného a radiačního pole** pro pole menší nebo rovno 20x20 cm ² pro pole větší než 20x20 cm ²	4.1.2	2 mm 3 mm
11. Shoda velikosti radiačního pole s indikovaným údajem** pro pole menší nebo rovno 20x20 cm ² pro pole větší než 20x20 cm ²	4.1.3	2 mm 3 mm
12. Stabilita homogenity radiačního pole**	4.2	0.97, 1.03
13. Stabilita symetrie radiačního pole**	4.3	0.97, 1.03
14. Záření pronikající kolimačním systémem	4.5.1	2%
15. Unikající záření vně maximálního radiačního pole maximální dávka: průměrná dávka:	4.5.2	0.2% 0.1%
16. Faktory velikosti pole	5.3	2%
17. Klínové faktory	5.4.1	2%
18. Kontrola polohy klínu	5.4.2	1%
19. Faktory podložky	5.5	2%
20. Faktory zeslabení stínícím blokem	5.6	2%
CHARAKTERISTIKY ELEKTRONOVÝCH SVAZKŮ		
21. Souhlas světelné osy a osy svazku záření**	6.1.1	4 mm
22. Shoda velikosti radiač. pole s indikovaným údajem**	6.1.2	2 mm
23. Stabilita homogenity radiačního pole**	6.2	0.97, 1.03
24. Stabilita symetrie radiačního pole**	6.3	0.95, 1.05
25. Záření pronikající kolimačním systémem a) maximální dávka: průměrná dávka: b) dávka 2 cm od povrchu tubusu	6.5.1	10% 1%/1.5% 10%

26. Unikající záření vně maximálního radiačního pole maximální dávka: průměrná dávka:	6.5.2	0.2% 0.1%
27. Energetické parametry svazku záření	7.2	3%
28. Faktory velikosti pole	7.3	2%
SYSTÉM MONITOROVÁNÍ DÁVKY		
29. Blokovací funkce sek. systému monitorování dávky	2.3.3	1.10
30. Reprodukovatelnost systému monitorování dávky	8.2	0.5%
31. Linearita systému monitorování dávky	8.3	2%
32. Závislost systému monitorování dávky na rotaci ramene - pro stacionární terapii - pro rotační terapii	8.4	3% 2%
OZAŘOVACÍ STŮL		
33. Svislý pohyb ozařovacího stolu	9.1	2 mm
34. Izocentrická rotace ozařovacího stolu	9.2	3 mm ϕ
35. Tuhost desky ozařovacího stolu - příčný pohyb - podélný pohyb	9.3.1	5 mm
	9.3.2	5 mm
36. Stálost nastavené výšky stolu	9.4	2 mm

*) kontrola se provádí pro základní polohu ozařovače

***) kontrola se provádí pro všechny hlavní polohy ozařovače

PŘÍLOHA I

PŘÍKLADY PROTOKOLŮ PRO ZKOUŠKY PROVOZNÍ STÁLOSTI

Protokoly pro zkoušky provozní stálosti je třeba na každém pracovišti modifikovat podle konkrétních podmínek :

- typ přístroje
- vybavení pracoviště měřícími přístroji
- požadavky výrobce ozařovače na systém kontrol a měření v rámci pravidelných kontrol
- u ozařovačů vybavených verifikačním systémem je nutno prověřit i vzájemnou součinnost verifikačního systému a přístroje

K protokolu by měly být přiloženy všechny dokumenty, z nichž se kontrolované parametry vyhodnocují, např. papír se zakreslenou vzájemnou polohou parametrů kolimačního systému (průmět geometrické osy kolimátoru, osy rotace kolimátoru, světelné osy, hranice světelného pole apod.), filmy s densitometrickým vyhodnocením radiačního pole, hloubkové dávkové křivky a dávkové profily změřené v automatickém vodním fantomu apod.

I.1 Příklad protokolu pro týdenní kontroly

Název přístroje :

Číslo protokolu :

Datum :

Čas zahájení kontroly:

Počáteční hodnota strojového času (filament time) :

Počáteční hodnota strojového času (beam time) :

Čas ukončení kontroly :

Konečná hodnota strojového času (filament time) :

Konečná hodnota strojového času (beam time) :

Kontrolu provedl :

Výsledek kontroly : splňuje / nesplňuje tolerance:

Poznámky :

Závěr: Ozařovač je schopný klinického provozu v plném rozsahu / s následujícími omezeními:

Ozařovač není schopný klinického provozu z těchto důvodů:

Podpis odpovědné osoby:

1. Nouzové vypínače

Kontrola funkčnosti :

2. Souhlas geometrické osy a osy rotace kolimátoru

tolerance : 2 mm ϕ

Naměřená hodnota : mm

3. Souhlas osy rotace kolimátoru a světelné osy

tolerance : 2 mm

Naměřená hodnota : mm

4. Koincidence bočních zaměřovačů v izocentru

tolerance : 2 mm

Naměřená hodnota : mm

5. Souhlas světelné osy s rovinou laseru v sagitální rovině

tolerance : 2 mm

Naměřená hodnota : mm

6. Přesnost optického dálkoměru

tolerance : 2 mm

Údaj optického dálkoměru	Naměřená hodnota	Odchylka (rozdíl údajů)
100 cm		
75 cm		
125 cm		

Předpokládá se zde, že standardní ozařovací vzdálenost je 100 cm.

7. Shoda velikosti světelného pole s indikovaným údajem

tolerance : 2 mm

Indikovaná velikost pole (cm x cm)	Velikost světelného pole v NTD (cm x cm)	Odchylka (rozdíl údajů)
5 x 5		
10 x 10		
30 x 30		

NTD - standardní ozařovací vzdálenost

I.2 Příklad protokolu pro měsíční kontroly

Název přístroje :

Číslo protokolu :

Datum :

Čas zahájení kontroly:

Počáteční hodnota strojového času (filament time) :

Počáteční hodnota strojového času (beam time) :

Čas ukončení kontroly :

Konečná hodnota strojového času (filament time) :

Konečná hodnota strojového času (beam time) :

Kontrolu provedl :

Výsledek kontroly : splňuje / nesplňuje tolerance:

Poznámky :

Závěr: Ozařovač je schopný klinického provozu v plném rozsahu / s následujícími omezeními:

Ozařovač není schopný klinického provozu z těchto důvodů:

Podpis odpovědné osoby:

1. Elektronické úhlové stupnice (nulová poloha a přesnost stupnice)

tolerance :1°

Název stupnice :

Nominální hodnota stupnice (°)	Naměřená hodnota stupnice (°)	Odchylka (rozdíl údajů)

2. Elektronické délkové stupnice (nulová poloha a přesnost stupnice)

tolerance :2 mm

Název stupnice :

Nominální hodnota stupnice (mm)	Naměřená hodnota stupnice (mm)	Odchylka (rozdíl údajů)

3. Koncové polohy

	Poloha, před jejímž dosažením se má pohyb zastavit	Poloha, v níž se pohyb zastavil
Rameno		
Kolimátor		
Rotace desky stolu		
Svislý posuv desky stolu		
Příčný posuv desky stolu		
Podélný posuv desky stolu		

4. Rotace ramene - volba na ovládacím panelu

Kontrola funkčnosti :

5. Mechanické ovládání stolu

Kontrola funkčnosti :

6. Kódování ozařovacích pomůcek

Název pomůcky	Kód pomůcky	Kód zobrazený na monitoru ozařovače

7. Kontrola systému monitorování dávky

uchování informace - po přerušení ozařování:

- po ukončení ozařování:

- po výpadku napájení:

Kontrola funkčnosti :

8. Kontrola řídicího časovače

- zapnutí, vypnutí:

- uchování údaje po přerušení:

po vypnutí

- nouzové vypnutí:

- nastavený čas <120% času odvozeného z počtu monitorových jednotek:

Kontrola funkčnosti :

9. Poloha izocentra

tolerance : 3 mm ϕ

Naměřená hodnota : mm

10. Seřízení světelných zaměřovačů do izocentra

tolerance : 2 mm

Naměřená hodnota : mm

11. Ortogonalita světelných rovin

tolerance : 1°

Naměřená hodnota : °

12. Přesnost optického dálkoměru

tolerance : 2 mm

Úhel ramene	Údaj optického dálkoměru	Naměřená hodnota	Odchylka (rozdíl údajů)
0°	100 cm		
90°	100 cm		
180°	100 cm		
270°	100 cm		

Předpokládá se zde, že standardní ozařovací vzdálenost je 100 cm.

SWAZEK ZÁŘENÍ X Nominální energie :

13. Souhlas osy svazku záření a světelné osy

tolerance : 2 mm

Naměřená hodnota : mm

14. Shoda velikosti světelného a radiačního pole

tolerance: 2 mm pro pole do 20x20cm² , 3 mm pro pole nad 20x20cm²

Indikovaná velikost pole (cm x cm)	Max. vzdálenost okraje světelného pole od okraje radiačního pole
5 x 5	
10 x 10	
30 x 30	

15. Shoda velikosti radiačního pole s indikovaným údajem
tolerance: 2 mm pro pole do 20x20cm², 3 mm pro pole nad 20x20cm²

Indikovaná velikost pole (cm x cm)	Velikost radiačního pole (cm x cm)	Odchylka (rozdíl údajů)
5 x 5		
10 x 10		
30 x 30		

16. Homogenita radiačního pole
tolerance : 1.06 pro pole do 30x30 cm², 1.10 pro pole nad 30x30 cm²

Maximální naměřená hodnota :

17. Symetrie radiačního pole
tolerance : 1.03

Maximální naměřená hodnota :

18. Radiační polostín
tolerance : 2 mm

Velikost pole (cm x cm)	Hlavní osa resp. diagonála radiačního pole	Homogenita (poměr max. odezvy k min. odezvě v homog. oblasti)	Symetrie (max. poměr odezev v symetricky položených bodech)	Polostín (mm)		
				naměř.	referenč.	odchylka
5 x 5	X					
5 x 5	Y					
5 x 5	D ₁					
5 x 5	D ₂					
10 x 10	X					
10 x 10	Y					
10 x 10	D ₁					
10 x 10	D ₂					
30 x 30	X					
30 x 30	Y					
30 x 30	D ₁					
30 x 30	D ₂					

Pozn.: Homogenita, symetrie a polostín vyhodnoceny z dávkových profilů změřených ve vodním fantomu.

19. Stanovení dávky v referenčním bodě
tolerance : 2%
- pro tuto kontrolu je třeba zavést zvláštní formulář

20. Energetické parametry svazku záření

tolerance : 3%

Měřený údaj J_{10}	Měřený údaj J_{20}	$J_{20}/J_{10} =$ $Q_{\text{měřený}}$	$Q_{\text{referenční}}$	Odchylka $100 \cdot (Q_{\text{měř}} - Q_{\text{ref}}) / Q_{\text{ref}}$

ELEKTRONOVÝ SVAZEK Nominální energie :

21. Souhlas osy svazku záření a světelné osy

tolerance : 4 mm

Naměřená hodnota : mm

22. Shoda velikosti radiačního pole s indikovaným údajem

tolerance: 2 mm

Indikovaná velikost pole (cm x cm)	Velikost radiačního pole (cm x cm)	Odchylka (rozdíl údajů)
5 x 5		
10 x 10		
30 x 30		

23. Homogenita radiačního pole

tolerance : $A \leq 10$ mm, $C \leq 20$ mm

Maximální naměřená hodnota A:

Maximální naměřená hodnota C:

24. Symetrie radiačního pole

tolerance : 1.05

Maximální naměřená hodnota:

25. Radiační polostín

tolerance : 2 mm

Velikost pole (cm x cm)	Hlavní osa resp. diagonála	Homogeni- ta (mm)	Symetrie	Polostín (mm)		
				naměřený	referenční	odchylka
10 x 10	X					
10 x 10	Y					
10 x 10	D ₁					
10 x 10	D ₂					
30 x 30	X					
30 x 30	Y					
30 x 30	D ₁					
30 x 30	D ₂					

Pozn.: Homogenita, symetrie a polostín vyhodnoceny z dávkových profilů změřených ve vodním fantomu.

26. Stanovení dávky v referenčním bodě

tolerance : 2%

- pro tuto kontrolu je třeba zavést zvláštní formulář

27. Ověření stability energie

tolerance : 4%

Naměřená hodnota J ₂	Naměřená hodnota J ₁	Naměřená hodnota J ₂ /J ₁ = J _{měř}	Referenční hodnota J ₂ /J ₁ = J _{ref}	Odchylka 100.(J _{měř} - J _{ref})/ J _{ref}

28. Ukončení pohybové terapie

tolerance : 5% / 3°

	Počet monitorových jednotek na 1°	Naměřená hodnota monit. jednotek resp délka kyvu	Spočtená hodnota monit. jednotek resp délky kyvu	Odchylka % resp. °
záření X	max: min:			
elektrony	max: min:			

I.3 Příklad protokolu pro půlroční kontroly

Název přístroje :

Číslo protokolu :

Datum :

Čas zahájení kontroly:

Počáteční hodnota strojového času (filament time) :

Počáteční hodnota strojového času (beam time) :

Čas ukončení kontroly :

Konečná hodnota strojového času (filament time) :

Konečná hodnota strojového času (beam time) :

Kontrolu provedl :

Výsledek kontroly : splňuje / nesplňuje tolerance:

Poznámky :

Závěr: Ozařovač je schopný klinického provozu v plném rozsahu / s následujícími omezeními:

Ozařovač není schopný klinického provozu z těchto důvodů:

Podpis odpovědné osoby:

1. Mechanické úhlové stupnice

tolerance : 1°

Název stupnice :

Nominální hodnota stupnice (°)	Naměřená hodnota stupnice (°)	Odchylka (rozdíl údajů)

2. Mechanické délkové stupnice

tolerance : 2 mm

Název stupnice :

Nominální hodnota stupnice (mm)	Naměřená hodnota stupnice (mm)	Odchylka (rozdíl údajů)

3. Zbytkové pohyby („dojezdy“)

3a) zbytkový pohyb ramene

- rychlosti menší než 1°/s : tolerance: 0.5°

Naměřená hodnota :°

- rychlosti větší než 1°/s : tolerance: 3°

Naměřená hodnota : °

3b) zbytkový pohyb ozařovacího stolu

- rychlosti menší než 25 mm/s : tolerance : 3 mm

Naměřená hodnota : mm

- rychlosti větší než 25 mm/s : tolerance : 10 mm

Naměřená hodnota : mm

4. Nastavení ozařovacích pomůcek

4a) kolmost

tolerance : 1°

4b) poloha

tolerance : 2 mm

Název pomůcky	Kolmost *	Poloha **
Klín č. 1		
Klín č. 2		
Klín č. 3		
Klín č. 4		
Deska pod bloky		
Aplikátor elektronů č. ...		

*) Úhel podkladové roviny pomůcek a světelné osy

**) Reprodukovatelnost polohy

5. Souhlas geometrické osy a osy rotace kolimátoru

tolerance : 2 mm ϕ

Úhel ramene	Naměřená hodnota
0°	
90°	
180°	
270°	

6. Souhlas osy rotace kolimátoru a světelné osy

tolerance : 2 mm

Úhel ramene	Naměřená hodnota
0°	
90°	
180°	
270°	

7. Geometrie kolimátoru

7a) symetrie lamel kolimátoru

tolerance : 2 mm

7b) rovnoběžnost a kolmost lamel kolimátoru

tolerance : 1°

SSD = 100 cm, svazky záření X : velikost pole 10 x 10 cm

elektronové svazky: aplikátor 10 x 10 cm, resp. vel. pole s přídav. clonami 10 x 10 cm

a, resp. b - rozdíl vzdálenosti světelná osa - okraj světelného pole pro první a druhou polovinu pole pro osu x, resp. y

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ - úhly světelného pole (nebo lamel)

Úhel ramene	a	b	α_1	α_2	α_3	α_4
0°						
90°						
180°						
270°						

8. Shoda velikosti světelného pole s indikovaným údajem

tolerance : 2 mm

Úhel ramene	Indikovaná velikost pole (cm x cm)	Velikost světelného pole (cm x cm)	Odchylka (rozdíl údajů)
0°	5 x 5		
0°	10 x 10		
0°	30 x 30		
90°	5 x 5		
90°	10 x 10		
90°	30 x 30		
180°	5 x 5		
180°	10 x 10		
180°	30 x 30		
270°	5 x 5		
270°	10 x 10		
270°	30 x 30		

SWAZEK ZÁŘENÍ X Nominální energie :

9. Souhlas osy svazku záření a světelné osy

tolerance : 2 mm

Úhel ramene	Naměřená hodnota
0°	
90°	
180°	

270°	
------	--

10. Shoda velikosti světelného a radiačního pole

tolerance: 2 mm pro velikost pole do 20x20cm², 3 mm pro velikost pole nad 20x20cm²

Úhel ramene	Indikovaná velikost pole (cm x cm)	Max. vzdálenost okraje světelného pole od okraje radiačního pole
0°	5 x 5	
0°	10 x 10	
0°	30 x 30	
90°	5 x 5	
90°	10 x 10	
90°	30 x 30	
180°	5 x 5	
180°	10 x 10	
180°	30 x 30	
270°	5 x 5	
270°	10 x 10	
270°	30 x 30	

11. Shoda velikosti radiačního pole s indikovaným údajem

tolerance: 2mm pro velikost pole do 20x20cm², 3 mm pro velikost pole nad 20x20cm²

Úhel ramene	Indikovaná velikost pole (cm x cm)	Velikost radiačního pole (cm x cm)	Odchylka (rozdíl údajů)
0°	5 x 5		
0°	10 x 10		
0°	30 x 30		
90°	5 x 5		
90°	10 x 10		
90°	30 x 30		
180°	5 x 5		
180°	10 x 10		
180°	30 x 30		
270°	5 x 5		
270°	10 x 10		
270°	30 x 30		

12. Stabilita homogenity radiačního pole

tolerance : 0.97, 1.03

13. Stabilita symetrie radiačního pole

tolerance : 0.97, 1.03

Úhel ramene	Velikost pole (cm x cm)	Hlavní osa radiačního pole	Homogenita (poměry odezev v laterálním bodě a v bodě na ose svazku)	Symetrie (poměr odezev v symetricky položených laterál. bodech)
0°	10 x 10	X		
0°	10 x 10	Y		
0°	30 x 30	X		
0°	30 x 30	Y		
90°	10 x 10	X		
90°	10 x 10	Y		
90°	30 x 30	X		
90°	30 x 30	Y		
180°	10 x 10	X		
180°	10 x 10	Y		
180°	30 x 30	X		
180°	30 x 30	Y		
270°	10 x 10	X		
270°	10 x 10	Y		
270°	30 x 30	X		
270°	30 x 30	Y		

Pozn.: Homogenita a symetrie vyhodnoceny z měření v pevném fantomu s otvorem na ose svazku záření a s otvory ležícími ve 2/3 vzdálenosti od osy svazku záření k okraji pole v referenční hloubce.

14. Záření pronikající kolimačním systémem

tolerance : 2%

Naměřená hodnota:%

15. Unikající záření vně maximálního radiačního pole

tolerance: 0.2% pro maximální hodnotu, 0.1% pro průměrnou hodnotu

Naměřená maximální hodnota:%

Naměřená průměrná hodnota:%

16. Faktory velikosti pole

tolerance : 2%

Velikost pole (cm x cm)	Měřený údaj	OF _{měřený}	OF _{referenční}	Odchylka $100.(OF_{měř} - OF_{ref}) / OF_{ref}$
4 x 4				
8 x 8				
10 x 10				
25 x 25				
40 x 40				
5x20				
20x5				

17. Klínové faktory

tolerance : 2%

Označení klínového filtru	Úhel klínového filtru	Měřený údaj *	WF _{měřený}	WF _{referenční}	Odchylka $100.(WF_{měř} - WF_{ref}) / WF_{ref}$
Otevřené pole 10 x 10 cm			–	–	–
W1	15°				
W2	30°				
W3	45°				
W4	60°				

*) průměrná hodnota pro dvě polohy klínu dosažené rotací kolimačního systému

18. Kontrola polohy klínu

tolerance : 1%

Označení klínového filtru	Úhel klínového filtru	WF ₁ * pro 1. polohu klínu	WF ₂ * pro 2. polohu klínu**	Odchylka $100.(WF_2 - WF_1) / WF_1$
W1	15°			
W2	30°			
W3	45°			
W4	60°			

*) průměrná hodnota pro dvě polohy klínu dosažené rotací kolimačního systému

***) případně pro další polohy

19. Faktory podložky

tolerance : 2%

Označení podložky	Měřený údaj	TF _{měřený}	TF _{referenční}	Odchylka $100.(TF_{měř} - TF_{ref}) / TF_{ref}$
Otevřené pole 10 x 10 cm		–	–	–
podložka č. 1				

podložka č. 2				
---------------	--	--	--	--

20. Faktory zeslabení stínícím blokem

tolerance : 2%

Označení bloku	Měřený údaj	BF _{měřený}	BF _{referenční}	Odchylka $100 \cdot (BF_{m\ddot{e}ř} - BF_{ref}) / BF_{ref}$
Pole 10 x 10 cm s podložkou			_____	_____
+ blok č. 1				
+ blok č. 2				

ELEKTRONOVÝ SVAZEK Nominální energie :

21. Souhlas osy svazku záření a světelné osy

tolerance : 4 mm

Úhel ramene	Naměřená hodnota
0°	
90°	
180°	
270°	

22. Shoda velikosti radiačního pole s indikovaným údajem

tolerance: 2 mm

Úhel ramene	Indikovaná velikost pole (cm x cm)	Velikost radiačního pole (cm x cm)	Odchylka (rozdíl údajů)
0°	5 x 5		
0°	10 x 10		
0°	30 x 30		
90°	5 x 5		
90°	10 x 10		
90°	30 x 30		
180°	5 x 5		
180°	10 x 10		
180°	30 x 30		
270°	5 x 5		
270°	10 x 10		
270°	30 x 30		

23. Stabilita homogenity radiačního pole

tolerance : 0.97, 1.03

24. Stabilita symetrie radiačního pole

tolerance : 0.95, 1.05

Úhel ramene	Velikost pole (cm x cm)	Hlavní osa radiačního pole	Homogenita*	Symetrie**
0°	10 x 10	X		
0°	10 x 10	Y		
0°	30 x 30	X		
0°	30 x 30	Y		
90°	10 x 10	X		
90°	10 x 10	Y		
90°	30 x 30	X		
90°	30 x 30	Y		
180°	10 x 10	X		
180°	10 x 10	Y		
180°	30 x 30	X		
180°	30 x 30	Y		
270°	10 x 10	X		
270°	10 x 10	Y		
270°	30 x 30	X		
270°	30 x 30	Y		

Pozn.: Homogenita a symetrie vyhodnoceny z měření v pevném fantomu s otvorem na ose svazku záření a s otvory ležícími ve 2/3 vzdálenosti od osy svazku záření k okraji pole v referenční hloubce.

*) Homogenita je dána poměry odezev v laterálním bodě a v bodě na ose svazku

***) Symetrie je dána poměrem odezev symetricky položených laterálních bodech

25. Záření pronikající kolimačním systémem

tolerance : a) pro maximální hodnotu 10%, pro průměrnou hodnotu 1%/1.5%

b) 10%

a) Naměřená maximální hodnota:%

Naměřená průměrná hodnota:%

b) Naměřená hodnota:.....%

26. Unikající záření vně maximálního radiačního pole

tolerance: 0.2% pro maximální hodnotu, 0.1% pro průměrnou hodnotu

Naměřená maximální hodnota:%

Naměřená průměrná hodnota:%

27. Energetické parametry svazku záření

tolerance : 3%

Naměřená hodnota $R_{50,d}$ (cm)	Referenční hodnota $R_{50,d}$ (cm)	Odchylka $100 \cdot (R_{50,d-\text{měř}} - R_{50,d-\text{ref}}) / R_{50,d-\text{ref}}$

Naměřená hodnota R_p (cm)	Referenční hodnota R_p (cm)	Odchylka $100 \cdot (R_{p-\text{měř}} - R_{p-\text{ref}}) / R_{p-\text{ref}}$

Pozn.: Hodnoty $R_{50,d}$ a R_p vyhodnoceny z hloubkové dávkové křivky změřené ve vodním fantomu.

28. Faktory velikosti pole

tolerance : 2%

Velikost pole (cm x cm)	Měřený údaj	OF _{měřený}	OF _{referenční}	Odchylka $100 \cdot (OF_{\text{měř}} - OF_{\text{ref}}) / OF_{\text{ref}}$
4 x 4				
8 x 8				
10 x 10				
20 x 20				
30 x 30				

SYSTEM MONITOROVÁNÍ DÁVKY

29. Blokovácí funkce sekundárního systému monitorování dávky

tolerance : 1.10

MU1 = počet MU na primárním systému monitorování dávky

MU2 = počet MU na sekundárním systému monitorování dávky

Počet MU1 = 100, energie záření X :

počet měření n = 3 pro oba systémy monitorování dávky

a) záření ukončeno primárním systémem monitorování dávky

Číslo měření	Hodnota MU1 po skončení ozařování	Hodnota MU2 po skončení ozařování	Hodnota naměřená nezávislým dozimetrem
1			
2			
3			

Střední naměřená hodnota nezávislým dozimetrem R_{MU1} :

b) záření ukončeno sekundárním systémem monitorování dávky

Číslo měření	Hodnota MU1 po skončení ozařování	Hodnota MU2 po skončení ozařování	Hodnota naměřená externím dozimetrem
1			
2			
3			

Střední naměřená hodnota nezávislým dozimetrem R_{MU2} :

Poměr R_{MU2} / R_{MU1} :

30. Reprodukovatelnost systému monitorování dávky

tolerance : 0.5%

Počet MU = 200, energie záření X :

Počet měření n = 10

Číslo měření	Naměřená hodnota	Poměr R_i MU/naměřená hodnota
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Průměrná hodnota z hodnot R_i :

Variační koeficient s (reprodukovatelnost) :

31. Linearita systému monitorování dávky

tolerance : 2%

počet měření $n = 3$ pro každou hodnotu L , energie záření X :

Počet MU L	Naměřená hodnota 1	Naměřená hodnota 2	Naměřená hodnota 3	Průměrná naměřená hodnota U	$S = L/U$
25					
50					
75					
100					
125					
150					
175					
200					
300					
500					
700					
900					

32. Závislost systému monitorování dávky na rotaci ramene

32a) stacionární terapie

tolerance : 3%

Počet MU = 200, energie záření X :

Počet měření $n = 3$ pro každý úhel ramene

Úhel ramene	Naměřená hodnota 1	Naměřená hodnota 2	Naměřená hodnota 3	Průměrná naměřená hodnota R_i
0°				
90°				
180°				
270°				

$R =$ průměrná hodnota z hodnot R_i :

R_{\max} (max. hodnota z hodnot R_i) :

R_{\min} (min. hodnota z hodnot R_i) :

$H = 100 \cdot (R_{\max} - R_{\min}) / R$: (%)

32b) rotační terapie

tolerance : 2%

Počet MU = 200, energie záření X :

Počet měření n = 3 pro každý kyv

Úhel ramene	Naměřená hodnota 1	Naměřená hodnota 2	Naměřená hodnota 3	Průměrná naměřená hodnota R_i
30° - 75°				
120° - 165°*				
210° - 255°				
300° - 345°*				

*) je-li rameno schopno rotovat i opačným směrem, pak tento kyv rotujte opačným směrem

R = průměrná hodnota z hodnot R_i :

R_{max} (max. hodnota z hodnot R_i) :

R_{min} (min. hodnota z hodnot R_i) :

$H = 100 \cdot (R_{max} - R_{min}) / R$: (%)

OZAŘOVACÍ STŮL

33. Svislý pohyb ozařovacího stolu

tolerance : 2 mm

Naměřená hodnota : mm

(rozdíl průmětu světelné osy na desku stolu pro výšku stolu h a h+30 cm)

34. Izocentrická rotace ozařovacího stolu

tolerance : 3 mm ϕ

Naměřená hodnota : mm

(průměr kružnice opisované průmětem světelné osy na desku stolu)

35. Tuhost desky ozařovacího stolu

35a) příčný pohyb

tolerance : 5 mm

Naměřená hodnota : mm

(rozdíl naměřených hodnot výšky stolu v obou krajních polohách stolu)

35b) podélný pohyb

tolerance : 5 mm

Naměřená hodnota : mm

(rozdíl naměřených hodnot výšky stolu v obou krajních polohách stolu)

36. Stálost nastavené výšky stolu

tolerance : 2 mm

Naměřená hodnota : mm

(pokles výšky stolu zatíženého závažím po 10 minutách)

PŘÍLOHA II

VYBAVENÍ A POMŮCKY POTŘEBNÉ K PROVÁDĚNÍ KONTROL

přístroj, zařízení	min. počet
Substandardní kalibrovaný* dozimetr nebo elektrometr	1
Kalibrovaná* ionizační komora pro substandardní dozimetr (cylindrická)	1
Planparalelní ionizační komora	1
Kontrolní zdroj (Sr + Y) pro substandardní dozimetr	1
Rutinní dozimetr	1
Ionizační komora (cylindrická) pro rutinní dozimetr	1
Kontrolní zdroj pro rutinní dozimetr	1
Ionizační komora pro relativní měření o objemu $\leq 0,3 \text{ cm}^3$	1
Vodní fantom (minimálně 40cm x 40cm x 30cm)	1
Fantom z pevné látky (min. 40 cm x 40 cm x 30 cm) (soubor desek různých tloušťek)	1
Dozimetrické filmy	
Fotodensitometr	1
Stopky	1
Teploměr	1
Tlakoměr	1
Přesné délkové měřidlo (do 1 m)	1
Posuvné měřítko	1
Vodováha	1
Olovnice	1
Úhломěr	1
Závaží o celkové hmotnosti 135 kg	1
Přístroj pro měření úrovně radiace	1
Stojany, držáky a podobná zařízení	
Prodlužovací kabely k detektorům v dostatečném počtu	

*) platná kalibrace v Státním metrologickém středisku

PŘÍLOHA III

REFERENČNÍ PODMÍNKY

V této příloze jsou uvedeny doporučené hloubky referenční roviny, v níž se provádí měření základních charakteristik svazku záření. Hloubka referenční roviny (= referenční hloubka), závisí na typu a energii svazku záření.

U svazků záření X by měla referenční rovina procházet izocentrem ozařovače. Pokud tomu tak není, měl by být vstupní povrch fantomu umístěn ve standardní ozařovací vzdálenosti (NTD = normal treatment distance). U elektronových svazků je vstupní povrch fantomu umístěn ve standardní ozařovací vzdálenosti. Fantom by měl být dostatečně velký, aby umožňoval podmínky maximální difuze. Měření se provádí ve vodním (nebo vodě ekvivalentním) fantomu na ose svazku záření, resp. v rovině kolmé na osu umístěné v hloubkách, které jsou uvedeny v následujících tabulkách.

TABULKA III.1
DOPORUČENÉ REFERENČNÍ PODMÍNKY MĚŘENÍ PRO SVAZKY ZÁŘENÍ X

Index kvality	Hloubka referenční roviny ve vodě	Rozměry pole
$QI \leq 0,7$	5 cm	10 cm x 10 cm
$QI > 0,7$	10 cm	10 cm x 10 cm

TABULKA III.2
DOPORUČENÉ REFERENČNÍ PODMÍNKY MĚŘENÍ PRO ELEKTRONOVÉ SVAZKY

Stř energie elektronů na povrchu fantomu	Hloubka referenční roviny ve vodě	Rozměry pole
$E_0 < 5 \text{ MeV}$	hloubka max. dávky	10 cm x 10 cm
$5 \text{ MeV} \leq E_0 < 10 \text{ MeV}$	hloubka max. dávky nebo 1 cm*	10 cm x 10 cm
$10 \text{ MeV} \leq E_0 < 20 \text{ MeV}$	hloubka max. dávky nebo 2 cm*	10 cm x 10 cm
$20 \text{ MeV} \leq E_0 < 50 \text{ MeV}$	hloubka max. dávky nebo 3 cm*	15 cm x 15 cm

*) vždy zvolit větší hloubku

TABULKA III.3
GEOMETRICKÉ PODMÍNKY PRO STANOVENÍ DÁVKY V REFERENČNÍM BODĚ,
HOMOGENITY, SYMETRIE, POLOSTÍNU A VELIKOSTI RADIAČNÍHO POLE

při stanovení	pro izocentrické ozařování (X, gamma)	pro neizocentrické ozařování (X, gamma)	pro elektrony*
dávky v referenčním bodě, homogenity, symetrie a polostínu radiačního pole			
velikosti radiačního pole	dtto		dtto

Vysvětlivky: NTD standardní ozařovací vzdálenost

- ⊗ zdroj
- detektor
- d_{ref} hloubka referenční roviny
- d_{max} hloubka maximální dávky

*) Tyto referenční podmínky pro elektronové svazky doporučuje ČSN IEC 976. Pokud výrobce přístroje uvádí jiné referenční podmínky, je třeba je respektovat.

PŘÍLOHA IV

TERMINOLOGIE

Tato příloha obsahuje definice pojmů použitých v tomto dokumentu a některých dalších souvisejících pojmů. U definic resp. pojmů převzatých z jiné publikace je tato publikace uvedena (popř. i s označením termínu ve zdrojové publikaci). Citace publikací jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Absorbovaná dávka /Absorbed dose/

v daném bodě určený podíl střední sdělené energie $d\varepsilon$, předané ionizujícím zářením látky, a hmotnosti dm této látky

$$D = d\varepsilon/dm \text{ [Gy]}$$

(ČSN IEC 788, rm-13-08)

Betatron /Betatron/

Urychlovač elektronů, v němž narůstající magnetické pole udržuje stabilní dráhu a elektrony jsou urychlovány elektrickým polem, vytvářeným vzrůstajícím magnetickým tokem na dráze.

(ČSN IEC 788, rm-23-10)

Clona /Diaphragm/

Součást kolimátoru (složená z lamel) vymežující svazek záření vyjádřený velikostí radiačního pole.

(BJR Supplement 25, ČSN IEC 788, rm-37-29)

D₁₀

Procentuální hloubková dávka v hloubce 10 cm na ose svazku záření ve vodním fantomu pro pole 10x10 cm² pro SSD = 100 cm.

d₈₀

Hloubka, pro kterou je procentuální hloubková dávka rovna 80% na ose svazku záření ve vodním fantomu pro pole 10x10 cm² pro SSD = 100 cm.

Dávkový příkon /Absorbed dose rate/

podíl přírůstku dávky dD v časovém intervalu dt a tohoto intervalu

$$D = dD/dt \text{ [Gy.s}^{-1}\text{]}$$

(ČSN IEC 788, rm-13-09)

Desetinová tloušťka

tloušťka specifikovaného materiálu, který zeslabuje v podmínkách širokého svazku záření X nebo záření gama s určitou energií nebo s určitým spektrem do té míry, že kermový příkon, expoziční příkon nebo dávkový příkon se sníží na jednu desetinu hodnoty naměřené bez tohoto materiálu. (ČSN IEC 788, rm-13-43)

Faktor podložky /Tray factor/

je dán poměrem

$$TF = D_{10,10, \text{podl}} / D_{10,10}$$

kde $D_{10,10, \text{podl}}$ je dávkový příkon pro pole 10cm x 10cm s podložkou pod bloky a $D_{10,10}$ je dávkový příkon pro otevřené pole 10cm x 10cm (bez podložky).

Faktor velikosti pole /Output factor/

je dán poměrem

$$OF = D_{a,b} / D_{10,10}$$

kde $D_{a,b}$ je dávkový příkon pro pole a cm x b cm a $D_{10,10}$ je dávkový příkon pro pole 10cm x 10cm.

Faktor zeslabení stínícím blokem

je dán poměrem

$$BF = D_{10,10, \text{blok+podl}} / D_{10,10, \text{podl}}$$

kde $D_{10,10, \text{blok+podl}}$ je dávkový příkon pro pole 10cm x 10cm s blokem a s podložkou pod bloky a $D_{10,10, \text{podl}}$ je dávkový příkon pro pole 10cm x 10cm s podložkou pod bloky.

Geometrická osa kolimátoru

Osa objemu vymezeného vnitřními hranami lamel kolimátoru.

Geometrická velikost pole (geometrické pole) /Geometrical field size, geometrical field/ (geometrická definice velikosti pole)

Geometrická projekce distálního konce kolimátoru do roviny kolmé k ose svazku záření, jak je viděna ze středu předního povrchu zdroje záření. Geometrické pole může být definováno v libovolné vzdálenosti od zdroje záření. (ČSN IEC 976, A2.61)

Hlavní polohy ozařovače

- 1) základní poloha
- 2) polohy dosažené rotací ramene kolem osy 1 o 90° , 180° nebo 270° ze základní polohy bez jiných změn nastavení.

Hloubková dávka /Depth dose/

Absorbovaná dávka ve stanovené hloubce pod vstupním povrchem ozářeného objektu, obvykle na ose svazku záření. (ČSN IEC 788, rm-13-51)

Homogenita radiačního pole / Flatness of radiation field /

Stanovuje se v referenční hloubce.

Pro záření X: Poměr maximální absorbované dávky stanovené v kterémkoliv místě radiačního pole k minimální absorbované dávce v homogenizované oblasti tohoto radiačního pole.

Pro elektrony: Maximální vzdálenost mezi 90% izodozou a okrajem projekce geometrického pole podél hlavních os a podél diagonál.

Homogenizovaná oblast /Flattened area/

Pro záření X: Plocha vymezená spojnicemi bodů ležících na hlavních osách a diagonálách radiačního pole ve stanovené vzdálenosti od osy svazku záření .

Pro elektrony: Oblast ohraničená 90% izodozou zmenšená o 1 cm, v referenční hloubce.

Toto je jedna z možných definic homogenity a homogenizované oblasti (podle ČSN IEC 976).

Index kvality /Quality index - QI/ = TPR (20/10)

Index kvality fotonových svazků je poměr mezi hodnotami absorbované dávky v hloubce vodního fantomu 20 cm a 10 cm stanovenými na ose svazku záření při konstantní vzdálenosti zdroj-detektor 100 cm při standardní velikosti ozařovacího pole v místě detektoru 10 cm x 10 cm.

Izocentrum /Isocentre/

Průsečík osy rotace ramene a hlavní transversální roviny resp. střed nejmenší koule, kterou prochází osa svazku záření při rotaci ramene kolem osy 1.

(ČSN IEC 788, rm-37-32)

Klidový stav ozařovače /Beam OFF/

Stav, kdy úroveň záření v libovolném místě v blízkosti ozařovače nepřesahuje hodnoty dané požadavky na zajištění radiační ochrany.

Klínový faktor /Wedge factor/

je dán poměrem

$$WF = D_{10,10, w} / D_{10,10}$$

kde $D_{10,10, w}$ je dávkový příkon pro pole 10cm x 10cm s klínovým filtrem a $D_{10,10}$ je dávkový příkon pro otevřené pole 10cm x 10cm (bez klínového filtru).

Klínový filtr /Wedge filter/

Filtr, který způsobuje plynulou změnu prostorového rozložení záření v radiačním poli nebo v jeho části..

(ČSN IEC 788, rm-35-10)

Kolimační systém /Beam limiting system/

Systém clon vyrobených z absorpčního materiálu, které slouží k vymezení velikosti a nasměrování svazku záření.

(ČSN IEC 788, rm-37-27)

Kolimátor /Collimator, Beam limiting device/

Zařízení pro vymezení radiačního pole.

(ČSN IEC 788, rm-37-28)

Kontrola funkčnosti

Má-li se kontrolou zjistit, zda dané zařízení, systém, signalizace apod. funguje nebo nefunguje, není pro ni stanovena tolerance, ale rozumí se, že při nefunkčnosti je nutné před pokračováním v provozu provést nápravu, obdobně jako při překročení tolerance.

Kvalita záření /Beam quality/

- pro svazky záření X je vyjadřována pomocí indexu kvality (QI)
- pro elektronové svazky je vyjadřována pomocí střední energie elektronů na povrchu fantomu E_0

Lineární urychlovač /Linear accelerator/

Urychlovač částic, u něhož jsou nabitě částice urychlovány na přímé dráze.

(ČSN IEC 788, rm-23-02)

Monitor dávkového příkonu (systém monitorování dávkového příkonu) /Dose rate monitoring system/

Systém přístrojů pro měření a zobrazení veličiny záření, která přímo souvisí s dávkovým příkonem.

(ČSN IEC 788, rm-33-02)

Monitor dávky (systém monitorování dávky) /Dose monitoring system/

Systém přístrojů pro měření a zobrazení veličiny záření, která přímo souvisí s absorbovanou dávkou. Může obsahovat zařízení k ukončení ozařování po dosažení zvolené hodnoty.

(ČSN IEC 788, rm-33-01)

Optický dálkoměr /Optical distance indicator/

Světelné zařízení vyznačující místo vstupu centrálního paprsku v ozařovacím poli a zároveň vyznačující vzdálenost SSD.

Osa svazku záření (centrální paprsek) /Radiation beam axis/

U symetrického svazku záření osa symetrie svazku záření.

(BJR Supplement 25, ČSN IEC 788, rm-37-06)

Ovládací panel (řídící panel) /Treatment control panel/

Panel, z něhož se ovládá ozařování pacientů.

(ČSN IEC 788, rm-33-05)

Ozařovací čas /Irradiation time/

Doba trvání ozařování, stanovená podle specifických metod, kdy obvykle veličina záření překračuje stanovenou úroveň.

(ČSN IEC 788, rm-36-11)

Ozařovací hlavice (radiační hlavice) /Radiation head/

Část ozařovače, z níž vychází svazek záření.

(ČSN IEC 788, rm-20-06)

Ozařovací stůl

Zařízení určené k uložení pacienta při ozařování.
(ČSN 36 4760)

Ozařovna /Treatment room/

Místnost, v níž je pacient ozařován ionizujícím zářením a která stavebně vyhovuje požadavkům radiační ochrany.
(ČSN IEC 788, rm-20-23)

Polostín radiačního pole /Radiation field penumbra/

Vzdálenost mezi 80% a 20% dávky na hlavních osách radiačního pole. Hodnoty 80% a 20% dávky jsou stanoveny vzhledem k dávce na ose svazku záření v referenční hloubce.
(ČSN IEC 788, rm-37-08)

Povrchová dávka /Surface dose/

Absorbovaná dávka, včetně dávky způsobené zpětným rozptylem, v bodě na vstupním povrchu ozářeného objektu, obvykle na ose svazku záření.
(ČSN IEC 788, rm-13-50)

Pracovní stav ozařovače /Beam ON/

Stav, kdy z ozařovače vychází definovaný svazek ionizujícího záření o kermovém příkonu použitelném v radioterapii.

Procentuální hloubková dávka /Percentage depth dose - PDD/

Poměr (vyjádřený v procentech) mezi absorbovanou dávkou v daném bodě na ose svazku záření a absorbovanou dávkou v hloubce maximální dávky. Hodnota PDD se stanovuje při konstantní vzdálenosti zdroj-povrch fantomu, mění se poloha detektoru ve fantomu. Tato hodnota závisí na druhu a energii záření, velikosti pole, vzdálenosti SSD a hloubce ve fantomu.
(ČSN IEC 788, rm-13-52)

Radiační pole (ozařovací pole, pole záření) /Radiation field/

Průřez svazku záření vymezeného geometrií kolimačního systému v rovině kolmé k ose svazku záření.
(BJR Supplement 25, ČSN IEC 788, rm-37-07)

Radiační směr

je definován pro pole středově symetrická kolem osy kolimátoru a je dán směrem a orientací polopřímky vycházející ze zdroje záření a procházející středem radiačního pole v referenční rovině.

Rameno ozařovače /Gantry/

Část ozařovače nesoucí ozařovací hlavici, která umožňuje nastavení hlavice vzhledem k pacientovi.
(ČSN IEC 976, A2.18)

Řídící časovač /Controlling timer/

Časovač, který mění provozní stav ozařovače na konci předvoleného časového intervalu nebo na konci předvoleného celkového času, který může sestávat z dílčích časových intervalů.

(ČSN IEC 788, rm-83-04)

SAD /Source - Axis Distance/

Vzdálenost měřená podél osy svazku záření od zdroje záření k izocentru.

SSD /Source - Surface Distance/ (dříve vzdálenost OK ohnisko - kůže)

Vzdálenost měřená podél osy svazku záření od zdroje záření ke vstupnímu povrchu ozařovaného objektu.

(BJR Supplement 25)

Standardní ozařovací vzdálenost /Normal treatment distance - NTD/

Stanovená vzdálenost měřená podél osy svazku záření od zdroje záření k izocentru nebo, pro zařízení bez izocentra, ke vstupnímu povrchu.

(ČSN IEC 976, A2.55)

Svazek záření /Radiation beam/

Prostor, vymezený prostorovým úhlem a obsahující tok ionizujícího záření vycházejícího ze zdroje záření, považovaného za bodový zdroj.

(ČSN IEC 788, rm-37-05)

Světelné pole /Light field/

Světelná simulace radiačního pole.

(ČSN IEC 788, rm-37-09)

Světelný zaměřovač (laser)

Zařízení instalované na stěně příp. stropu místnosti určující polohu izocentra.

Symetrie radiačního pole /Symmetry of radiation field/

Maximální poměr absorbovaných dávek v bodech ležících symetricky vzhledem k ose svazku záření v homogenizované oblasti radiačního pole v referenční hloubce.

TAR /Tissue air ratio/

TAR v bodě ve vodním fantomu ozařovaném fotonovým svazkem je dán poměrem mezi celkovou absorbovanou dávkou v bodě a absorbovanou dávkou v bodě na ose svazku záření ve stejné vzdálenosti od zdroje, ale s povrchem posunutým tak, aby tento bod byl v hloubce maximální dávky, a aby tato absorbovaná dávka pocházela pouze od primárních fotonů.

(BJR Supplement 25)

TMR /Tissue maximum ratio/

je poměr mezi absorbovanou dávkou v libovolném bodě na ose svazku záření ve fantomu a absorbovanou dávkou v bodě maximální dávky na ose svazku záření.

Hodnota TMR se stanovuje při konstantní vzdálenosti zdroj-detektor 100 cm, mění se vzdálenost zdroj - povrch fantomu. TMR je speciální případ TPR, kdy referenční hloubka je hloubka maximální dávky d_m . Tato hodnota závisí na energii svazku záření, velikosti pole (definované v místě detektoru) a tloušťce materiálu nad detektorem.

Tolerance /Tolerance/

Tolerance slouží k hodnocení výsledků kontrol při zkouškách provozní stálosti a zkouškách dlouhodobé stability. Jestliže odchylka naměřené hodnoty od referenční hodnoty určitého parametru nebo naměřená hodnota určitého parametru překročí toleranci, je nutné zařízení odstavit z klinického provozu a závadu odstranit. Ve výjimečných případech lze připustit omezený provoz zařízení pro ty úkony, na jejichž kvalitě se nepřipustná hodnota daného parametru neprojeví. Při přejímacích zkouškách by u žádného testovaného parametru neměly být hodnoty tolerancí překročeny. Tolerance je vyjádřena:

- 1) jako hodnota v mm či stupních, s níž se porovnává naměřená hodnota (např. koincidence bočních zaměřovačů nebo průměr kružnice při kontrole polohy izocentra) nebo rozdíl naměřené a nominální hodnoty (např. přesnost optického dálkoměru).
- 2) jako hodnota v %, s níž se porovnává odchylka naměřené hodnoty od referenční hodnoty vyjádřená jako $\Delta = 100 \cdot (M_{\text{měř}} - M_{\text{ref}}) / M_{\text{ref}}$ [%], kde $M_{\text{měř}}$ je naměřená hodnota a M_{ref} je referenční hodnota stanovená při přejímací zkoušce (např. stálost dávky).
- 3) jako bezrozměrné číslo, se kterým se porovnává stanovený poměr naměřených hodnot (např. homogenita radiačního pole).
- 4) jako krajní body intervalu, v němž se musí stanovený poměr naměřených hodnot nacházet (např. stabilita homogenity radiačního pole).

Tam, kde to má smysl, tj. kde tolerance představují limitní odchylky na obě strany od požadované hodnoty, je třeba uvedené hodnoty chápat jako hodnoty \pm , přestože to není v textu ani v tabulkách explicitně uvedeno.

TPR /Tissue phantom ratio/

TPR v bodě ve vodním fantomu ozařovaném fotonovým svazkem je dán poměrem mezi absorbovanou dávkou v tomto bodě a absorbovanou dávkou v bodě ležícím ve stanovené referenční hloubce. Hodnota TPR se stanovuje při konstantní vzdálenosti zdroj-detektor (obvykle 100 cm), mění se vzdálenost zdroj - povrch fantomu.

Tubus /Beam applicator/

Příslušenství, které se připevňuje k ozařovací hlavici a slouží k vymezení svazku záření a k nastavení ozařovací vzdálenosti.
(ČSN IEC 788, rm-37-30)

Unikající záření /Leakage radiation/

Ionizující záření, které proniklo ochranným stíněním zdroje záření resp. kolimačním systémem.
(ČSN IEC 788, rm-11-15)

Velikost radiačního pole /Irradiation field size/ (dozimetrická definice velikosti pole)

Rozměry plochy vymezené 50% izodozní křivkou v rovině kolmé k ose svazku záření ve standardní ozařovací vzdálenosti. (Hodnota 100% dávky je na ose svazku záření.)

(ČSN IEC 788, rm-37-11)

Vstupní zaměřovač (pointer) /Front pointer/

Světelné nebo mechanické zařízení určené k vyznačení osy svazku záření a bodu jejího vstupu do pacienta.

(ČSN IEC 788, rm-35-12)

Výstupní dávka /Exit dose/

Absorbovaná dávka v bodě na povrchu, kterým vychází svazek z ozářeného objektu, obvykle na ose svazku záření.

(ČSN IEC 788, rm-13-53)

Výstupní zaměřovač (pointer) /Back pointer/

Světelné nebo mechanické zařízení určené k vyznačení osy svazku záření a bodu jejího výstupu z pacienta.

(ČSN IEC 788, rm-35-13)

Základní poloha ozařovacího stolu

Poloha ozařovacího stolu, při níž leží podélná osa stolu v hlavní sagitální rovině, kratší hrana stolu v maximální možné vzdálenosti od stojanu přístroje, úložná plocha stolu ve výšce izocentra. Jednotlivé stupnice ukazují nulovou hodnotu.

Základní poloha ozařovače

Úhel ramene 0° , radiační směr svisle dolů. Jednotlivé stupnice ukazují nulovou hodnotu (nebo 90° pro úhel kolimátoru).

LITERATURA

AAPM (AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE): Comprehensive QA for radiation oncology : Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 40. Med.Phys. 21 (April 1994), 581 - 618.

AAPM (AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE): AAPM code of practice for radiotherapy accelerators: Report of AAPM Radiation Therapy Task Group No. 45. Med.Phys. 21 (July 1994), 1093 - 1121.

BRAHME A.: Accuracy requirements and quality assurance of external beam therapy with photons and electrons. Acta Oncol. 15 Suppl. 1, 1988.

BIR (BRITISH INSTITUTE OF RADIOLOGY): Central Axis Depth Dose Data for Use in Radiotherapy, Brit. J. Radiol. Suppl. 25, 1996.

ČSN 01 1308 : Veličiny a jednotky v atomové a jaderné fyzice. Vydavatelství ÚNM, Praha 1987.

ČSN EN 60601-1-1/A1 (36 4800): Zdravotnické elektrické přístroje - Část 1: Obecné požadavky na bezpečnost. (EN 60 601-1-1/A1, 1996 + 62A/232/CD, 1997).

ČSN EN 61217: Souřadnice, pohyby a stupnice radioterapeutických přístrojů. (IEC 1217, 1996).

ČSN IEC 788 (84 0003) : Lékařská radiologie - Terminologie. Český normalizační institut, Praha 1997.

ČSN IEC 601-2-1+A1+A2 (36 4801): Zdravotnické elektrické přístroje - Část 2: Zvláštní požadavky na lékařské elektronové urychlovače pracující v rozsahu 1 MeV až 50 MeV - Oddíl první: Všeobecně, Oddíl druhý: Radiační bezpečnost přístrojů. (IEC 601-2-1, 1981 + A1: 1984 + A2, 1990 + 62C/148/CDV, 1995).

ČSN IEC 976: Zdravotnické elektrické přístroje. Lékařské elektronové urychlovače - Funkční charakteristiky. (IEC 976, 1989).

ČSN IEC 977 (36 4763): Zdravotnické elektrické přístroje. Lékařské elektronové urychlovače pracující v rozsahu 1 MeV až 50 MeV - Směrnice pro funkční charakteristiky. (IEC 977, 1989).

SROBF ČLS (SPOLEČNOST RADIAČNÍ ONKOLOGIE, BIOLOGIE A FYZIKY ČESKÉ LÉKAŘSKÉ SPOLEČNOSTI J.E.PURKYNĚ): Doporučení pro zajištění kvality v radioterapii : Úvod k fyzikálním aspektům. SZÚ, Praha 1995.

SROBF ČLS (SPOLEČNOST RADIAČNÍ ONKOLOGIE, BIOLOGIE A FYZIKY ČESKÉ LÉKAŘSKÉ SPOLEČNOSTI J.E.PURKYNĚ): Doporučení pro zajištění kvality v radioterapii : Stanovení absorbované dávky v referenčním bodě. SZÚ, Praha 1994.

SROBF ČLS (SPOLEČNOST RADIAČNÍ ONKOLOGIE, BIOLOGIE A FYZIKY ČESKÉ LÉKAŘSKÉ SPOLEČNOSTI J.E.PURKYNĚ): Doporučení pro zajištění kvality v radioterapii : Radionuklidové ozařovače. SZÚ, Praha 1994.

SROBF ČLS (SPOLEČNOST RADIAČNÍ ONKOLOGIE, BIOLOGIE A FYZIKY ČESKÉ LÉKAŘSKÉ SPOLEČNOSTI J.E.PURKYNĚ): Doporučení pro zajištění kvality v radioterapii : Simulátory. SZÚ, Praha 1994.

SÚJB (STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST): Bezpečnostní návod SÚJB - Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii v České republice - Úvod (v tisku).

SÚJB (STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST): Bezpečnostní návod SÚJB - Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii v České republice - Stanovení absorbované dávky v referenčním bodě (v tisku).

SÚJB (STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST): Bezpečnostní návod SÚJB - Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii v České republice - Radionuklidové ozařovače (v tisku).

SÚJB (STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST): Bezpečnostní návod SÚJB - Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii v České republice - Uzavřené radionuklidové zářiče v brachyterapii (v tisku).

SÚJB (STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST): Vyhláška č. 184/1997 Sb. o požadavcích na zajištění radiační ochrany.

WHO (WORLD HEALTH ORGANISATION): Quality Assurance in Radiotherapy, Geneva 1988.

ČLENOVÉ EXPERTNÍ SKUPINY PRO RADIOTERAPII PŘI STÁTNÍM ÚSTAVU RADIČNÍ OCHRANY PRAHA

podílející se na tvorbě bezpečnostních návodů Státního úřadu pro jadernou bezpečnost

RNDr. Petr Berkovský, RTO Nemocnice České Budějovice, ul. B. Němcové 54, 370 87 Č. Budějovice
Ing. Aleš Burian, Státní ústav radiační ochrany, Šrobárova 48, 100 00 Praha 10
Ing. Ivana Horáková, CSc., Státní ústav radiační ochrany, Šrobárova 48, 100 00 Praha 10
RNDr. Libor Judas, Onkologická klinika VFN KU, U Nemocnice 2, 128 08 Praha 2
Ing. Anna Kindlová, Klinika radioterapie a onkologie FN K. Vinohrady, Šrobárova 50, 100 42 Praha 10
RNDr. Taťána Klaclová, Onkologická klinika FN, I.P.Pavlova 6, 775 20 Olomouc
Ing. Josef Novotný, CSc., Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, 150 00 Praha 5
Ing. Karel Prokeš, CSc., Onkologická klinika VFN KU, U Nemocnice 2, 128 08 Praha 2
RNDr. Ivo Přidal, CSc., Onkologická klinika FN, I.P.Pavlova 6, 775 20 Olomouc
RNDr. Jiří Šimíček, Masarykův onkologický ústav, Žlutý kopec 7, 656 53 Brno
Ing. Jaromír Šnobl, CSc., RTO Nemocnice Jihlava, Třída legionářů 9, 586 33 Jihlava,
Ing. Roman Wicha, RTO Nemocnice České Budějovice, ul. B. Němcové 54, 370 87 Č. Budějovice
Ing. Helena Žáčková, Státní ústav radiační ochrany, Šrobárova 48, 100 00 Praha 10