

**ZAVEDENÍ SYSTÉMU JAKOSTI PŘI VYUŽÍVÁNÍ
VÝZNAMNÝCH ZDROJŮ IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ
V RADIOTERAPII**

RENTGENOVÉ OZAŘOVAČE

SÚJB

Dne 1.7.1997 vstoupil v platnost zákon č. 18/1997 Sb. „Atomový zákon“, který kromě jiného stanovuje zásady lékařské ozáření; podrobněji se problematice tohoto typu ozáření věnuje vyhláška č.184/1997 Sb. Základními požadavky z hlediska zajištění radiační ochrany jsou - zdůvodnění dané aplikace zdroje ionizujícího záření a optimalizace radiační ochrany při lékařském ozáření, limitování ozáření pracovníků – zdravotnického personálu, omezování ozáření pacientů. Jedním z důležitých nástrojů podmiňujících naplnění těchto požadavků je systém zajištění a kontroly jakosti, jehož nedílnou součástí jsou zkoušky dlouhodobé stability a zkoušky provozní stálosti.

Předkládané „Doporučení“ SÚJB by mělo být podkladem pro tvorbu té části programu zajištění jakosti, která je věnována zkouškám provozní stálosti u rtg. ozařovačů používaných v terapii. Informace uvedené v „Doporučení“ mohou sloužit i při vypracovávání metodik pro zkoušky dlouhodobé stálosti. Vzhledem k tomu, že program zabezpečování jakosti je SÚJB schvalovanou dokumentací při povolování nakládání se zdroji ionizujícího, předpokládáme, že „Doporučení“ bude využíváno jak žadateli o povolení pro používání terapeutický rtg. zdrojů a provoz pracoviště s těmito zdroji, tak žadateli o povolení k provádění zkoušek dlouhodobé stability u terapeutických rentgenů.

„Doporučení“ SÚJB bylo zpracováno tak, aby splňovalo následující kritéria:

- bylo plně v souladu se zákonem č. 18/1997 Sb. a vyhláškou SÚJB č. 184/1997 Sb.;
- přihlíželo k praxi ustálené na pracovištích, kde se provádí terapie s rtg. zdroji;
- bylo v souladu se současnými, publikovanými poznatky a praxí a současným stavem radiační ochrany uplatňované na zahraničních pracovištích;
- bylo podnětem ke sjednocení těch přístupů, jež jsou na pracovištích bohužel zatím nejednotné;
- bylo podkladem pro zpracování verze, kterou SÚJB vydá ve formě Bezpečnostního návodu (Safety Guides) na základě zkušeností s praktickou aplikací „Doporučení“ a na základě Vašich připomínek a komentářů.

Pokud se držitel povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření - používání generátorů záření (§9 odst. 1 písm. i) zákona č. 18/1997 Sb.) bude řídit tímto „Doporučením“, inspekce SÚJB bude považovat plnění jeho zákonných povinností v dané oblasti za vyhovující a splňující požadavky radiační ochrany.

„Doporučení“ SÚJB zpracovala Expertní skupina pro radioterapii při Státním ústavu radiační ochrany v Praze.

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

V Praze únor 2000

OBSAH

ÚVOD	3
1. POPIS PŘÍSTROJE	5
1.1 Popis os rotačních a posuvných pohybů	5
1.2 Nízkoenergetické rentgenové ozařovače	6
1.3 Konvenční rentgenové ozařovače	6
1.4 Nulová poloha a přesnost stupnic	6
2. BEZPEČNOSTNÍ, VÝSTRAŽNÉ A INDIKAČNÍ SYSTÉMY	8
2.1 Signalizace stavu přístroje	8
2.1.1 Signalizace na ozařovači	8
2.1.2 Signalizace u vstupních dveřích do ozařovny	8
2.1.3 Signalizace operačního stavu na ovládacím panelu	8
2.1.4 Indikace provozních hodnot	8
2.2 Mechanické a elektronické bezpečnostní systémy	9
2.2.1 Vstupní dveře do ozařovny	9
2.2.2 Nouzové vypínače	9
2.2.3 Zajištění před samovolným zapnutím	9
2.2.4 Chlazení rentgenky	9
2.2.5 Bezpečnostní zařízení vztažená ke vzájemnému pohybu ozařovače a stolu	10
2.2.6 Neporušenost filtrů	10
2.2.7 Ochranné pomůcky	10
2.2.8 Tubusy	10
2.2.9 Aretace pohybů	10
2.2.10 Ostatní příslušenství	10
2.3 Bezpečnostní zařízení vztažená ke svazku záření	11
2.3.1 Volba filtru	11
2.3.2 Volba tubusu s trvale připevněným filtrem	11
2.3.3 Systém aplikace dávky (ozařovací čas)	12
2.4 Systém sledování pacienta	13
3. MECHANICKÉ PARAMETRY A SHODA MECHANICKÝCH A OPTICKÝCH PARAMETRŮ	14
3.1 Souhlas mezi geometrickou osou kolimátoru, osou rotace kolimátoru a světelnou osou	14
3.2 Ozařovací vzdálenost (vzdálenost ohnisko - kůže)	14
3.3 Symetrie kolimátoru, rovnoběžnost a kolmost lamel kolimátoru resp. tubusu	15
3.4 Velikost světelného pole	15
4. CHARAKTERISTIKY RADIAČNÍHO POLE	16
4.1 Velikost radiačního pole	16
4.1.1 Shoda světelného a radiačního pole	16
4.1.2 Shoda světelné osy resp. osy tubusu a osy svazku záření	16
4.1.3 Shoda radiačního pole s údajem tubusu resp. stupnice	17
4.2 Homogenita radiačního pole	17
4.3 Symetrie radiačního pole	18
4.4 Polostín radiačního pole	19
4.5 Unikající záření	19
4.5.1 Záření pronikající kolimačním systémem	19

4.5.2	Záření pronikající krytem rentgenky	20
4.5.3	Záření z jiných částí než z rentgenky	20
5.	DOZIMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY	21
5.1	Absorbovaná dávka v referenčním bodě	21
5.2	Kvalita záření - měření polotloušťky	21
5.3	Faktory velikosti pole	22
5.4	Hloubkové dávky	23
6	SYSTÉM MONITOROVÁNÍ DÁVKY	24
6.1	Monitorování dávky	24
6.2	Reprodukovatelnost aplikované dávky	24
6.3	Linearita aplikované dávky	25
6.4	Časovač	25
6.5	Efekt zapnutí	25
7.	PŘEHLED ZKOUŠEK PROVOZNÍ STÁLOSTI	26
7.1	Denní kontroly	27
7.2	Týdenní kontroly	27
7.3	Měsíční kontroly	28
7.4	Roční kontroly	29
	PŘÍLOHA I : PŘÍKLADY PROTOKOLŮ PRO ZKOUŠKY PROVOZNÍ STÁLOSTI	30
I.1	Příklad protokolu pro denní kontroly	31
I.2	Příklad protokolu pro týdenní kontroly	32
I.3	Příklad protokolu pro měsíční kontroly	34
I.4	Příklad protokolu pro roční kontroly	37
	PŘÍLOHA II : VYBAVENÍ A POMŮCKY POTŘEBNÉ K PROVÁDĚNÍ KONTROL	43
	PŘÍLOHA III : TERMINOLOGIE	44
	LITERATURA	51
	Členové expertní skupiny pro radioterapii při SÚRO	53

ÚVOD

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

Dokument je určen jako podklad pro vypracování části programu zabezpečování jakosti pracoviště, a to systému zkoušek provozní stálosti. Lze ho použít i pro vypracování metodik pro získání oprávnění pro provádění zkoušek dlouhodobé stability, případně přejímacích zkoušek dle požadavků Vyhlášky č. 184/1997 Sb..

Jsou zde uvedeny i požadavky na vlastnosti rentgenových ozařovačů, 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. Pokud je v textu uvedeno, že měření se provádí pro všechny kombinace napětí, proudu a filtrace resp. pro všechny tubusy, vztahuje se to na ty kombinace napětí, proudu a filtrace resp. tubusy, které jsou prokazatelně klinicky využívány. Rozsah kontrol závisí na typu rentgenového ozařovače. Uvedené kontroly se provádějí jen v případě, že to má smysl. Tato poznámka se týká zejména ozařovačů vybavených pouze tubusy (nikoliv kolimačním systémem a světelným polem). V takovém případě se soubor kontrol velmi zjednoduší.

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 doporučení SROBF ČSL J.E.P. pro rentgenové ozařovače a berou do úvahy i tolerance dosažitelné u ostatních radioterapeutických přístrojů, požadavky na přesnost přístrojů v moderní radioterapii a v neposlední řadě i dosažitelnou přesnost měření. 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 se rentgenový ozařovač užívá pro nádorovou terapii, musí splňovat tolerance zde uváděné, aby se zajistila standardní léčba. Také každý nově pořizovaný rentgenový ozařovač musí uvedené tolerance splňovat.

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 držitelé povolení usnadnit vedení dokumentace.

V Příloze II. je uvedeno doporučené základní přístrojové vybavení, které je potřebné k zajištění předepsaných 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.

Rentgenové ozařovače zauímají v léčbě záření specifické postavení. Postupně dochází k jejich nahrazování radionuklidovými ozařovači a urychlovači elektronů, ale stále ještě zůstává řada nádorových a zejména nenádorových onemocnění, která jsou léčena zářením X s energií pod 400 kV. V problematice zabezpečování jakosti jsou spíše okrajovou záležitostí, neboť jejich technický vývoj negraduje tak rychle jako např. u lineárních urychlovačů. Na druhé straně ale je s jejich používáním spojeno řešení problémů, které u jiných ozařovačů neexistují.

Některé požadavky, na které kladou důraz postupy v zabezpečení jakosti u radionuklidových ozařovačů nebo urychlovačů, nelze u rentgenových ozařovačů splnit. Zejména v oblasti nižších energií převažuje interakce prostřednictvím fotoefektu, což se projevuje velkou závislostí kalibračních faktorů ionizačních komor na energii (respektive tvaru energetického spektra) a v důsledku toho zvýšenou chybou při stanovení dávky. Pro některé svazky, zejména pro malé tubusy určené pro kontaktní (resp. intrakavitární) terapii, je příznačná velká nehomogenita rozložení dávky na relativně malé ploše (ve srovnání jak s ozařovanou lézí tak s dostupnou ionizační komorou). Stanovení absorbované dávky a kvality záření je pak zatíženo obzvláště velkou chybou a při indikaci takových technik je vždy nutno pro daný případ léčby pečlivě zvážit nároky na přesnost aplikace předepsané dávky a její distribuci.

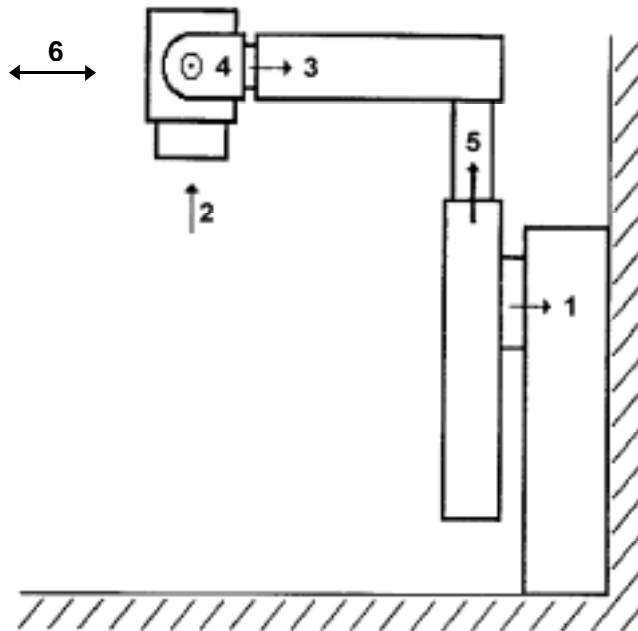
V souladu s doporučením IAEA je v této publikaci použito rozdělení rentgenových ozařovačů na dvě skupiny:

1. nízkoenergetické: s napětím do 100 kV (používané pro povrchovou terapii)
2. konvenční: s napětím nad 100 kV (používané pro polohlubkovou a hlubkovou terapii).

1. POPIS PŘÍSTROJE

1.1 Popis os rotačních a posuvných pohybů

U rentgenových ozařovačů lze definovat následující osy:



1. osa rotace ramene
2. osa rotace kolimátoru
3. osa rotace pro boční naklápění hlavice
4. osa rotace pro čelní naklápění hlavice
5. osa svislého posuvu hlavice
6. osa vodorovného posuvu hlavice

Obr.1 Popis os rotačních a posuvných pohybů rentgenových ozařovačů

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

U rentgenových ozařovačů dále 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

Při základní poloze ozařovače je svazek kolmo k zemi. Hlavní polohy zahrnují navíc i obě horizontální polohy svazku.

Každá osa a posuv musí být vybaveny stupnicí splňující normu ČSN EN 61217 a ČSN EN 60601-2-8/A1.

1.2 Nízkoenergetické rentgenové ozařovače

Definice z kapitoly 1.1. nemá smysl pro nízkoenergetické rentgenové ozařovače. V tom případě musí být rentgenový zářič upevněn na rameni, které má možnost pohybovat se vůči stojanu podél svislé osy a s dvěma stupni volnosti v horizontální rovině. Stojan musí být opatřen kolečky nebo musí být umožněn alespoň omezený pohyb celé konstrukce např. pomocí stropního závěsu. Dále musí být umožněny minimálně dva nezávislé pohyby rentgenového zářiče vzhledem k rameni, z nichž jeden představuje rotaci okolo jeho podélné osy a jeden rotaci okolo osy kolmé k této podélné ose. Musí být možné zajistit rentgenový zářič v nastavené poloze vzhledem ke všem možným pohybům.

1.3 Konvenční rentgenové ozařovače

Rentgenový ozařovač musí být konstruován tak, aby umožňoval svislý posuv rentgenového zářiče (hlavice) a pohyb rentgenového zářiče v horizontální rovině se dvěma stupni volnosti. Dále musí být umožněno boční nebo čelní otáčení rentgenového zářiče vzhledem k rameni. Tyto rotační pohyby musí být opatřeny stupnicemi, přičemž nulové hodnoty jsou pro polohu přístroje, kdy osa kolimačního systému směřuje kolmo dolů.

Alternativní možností je umístění rentgenového zářiče na rotujícím rameni. V tom případě odpadá požadavek svislého posuvu a pohybů v horizontální rovině. Je nezbytné boční naklápění hlavice a ozařovač musí být vybaven stolem, jehož deska nebo celý stůl má možnost svislého, podélného i příčného posuvu. Musí být rovněž umožněna rotace desky stolu nebo isocentrická rotace stolu. Rotační pohyby musí být opatřeny stupnicemi, přičemž při nulových hodnotách směřuje osa kolimačního systému kolmo dolů.

V obou případech musí být umožněna rotace kolimačního systému. Rentgenový zářič musí být možné zajistit v nastavené poloze vzhledem ke všem možným pohybům.

1.4 Nulová poloha a přesnost stupnic

V případě, že to lze (má-li ozařovač světelnou osu), provádíme kontrolu nulové polohy ramene např. spuštěním olovnice na zem. Olovnice je upevněna přibližně ve standardní ozařovací vzdálenosti (stanovená vzdálenost měřená podél osy svazku záření od zdroje ke stanovené rovině) tak, aby splývala se světelnou osou. Na zemi se označí na papír průmět světelného kříže a poloha hrotu olovnice. Odečte se vzdálenost mezi oběma vyznačenými body, která se přepočítá na stupně.

tolerance: 1° frekvence kontrol: ročně

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

tolerance: 1° resp. 2 mm frekvence kontrol: měsíčně pro elektronický displej ročně pro mechanickou stupnici
--

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

2. BEZPEČNOSTNÍ, VÝSTRAŽNÉ A INDIKAČNÍ SYSTÉMY

2.1. Signalizace stavu přístroje

2.1.1 Signalizace na ozařovači

Funkčnost signalizačního zařízení indikujícího zapnutí vysokého napětí přímo na krytu rentgenky nebo v jeho těsné blízkosti 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 operačního stavu na ovládacím panelu

Světelná návěstí na ovládacím panelu ozařovače musí mít v souladu s normou ČSN EN 60601-2-8/A1 tyto barvy:

• akce bezprostředně vyžadující zastavení ozařování	červená
• pracovní stav ozařovače (záření zapnuto)	žlutá
• stav definitivní připravenosti (všechny parametry navoleny, ke spuštění záření je třeba pouze jedna operace)	zelená
• přípravný stav, ze kterého mohou být voleny potřebné parametry, ale ozařovač není připraven ke spuštění záření	jiná barva

kontrola funkčnosti světelné signalizace
frekvence kontrol: denně

2.1.4 Indikace provozních hodnot

Kontroluje se indikace hodnot napětí, proudu rentgenky a filtru na ovládacím panelu, ať už jsou nastaveny obsluhou nebo pevně dané.

kontrola funkčnosti
frekvence kontrol: denně

2.2 Mechanické a elektronické bezpečnostní systémy

2.2.1 Vstupní dveře do ozařovny

Kontroluje se, zda při otevření dveří do ozařovny dojde k vypnutí vysokého napětí a zda po zavření dveří nedojde k jeho samovolnému zapnutí. Je-li vchod do ozařovny vybaven stínícími dveřmi, musí být tyto dveře konstruovány tak, aby je bylo možné zvenku i zevnitř kdykoliv otevřít. Zvenku musí být možné otevřít je i ručně (v případě výpadku napájení).

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: týdně

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

2.2.2 Nouzové vypínače

Kontroluje se, zda STOP tlačítko na ovládacím panelu přeruší ozařování.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: týdně

2.2.3 Zajištění před samovolným zapnutím

Kontroluje se, zda při vysazení napájecí sítě je vyloučeno samovolné spuštění ozařovače. Kontrola se provádí tak, že se zapne vysoké napětí, hlavní síťový přívod se vypne a znovu zapne. Vysoké napětí musí zůstat vypnuté.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: měsíčně

2.2.4 Chlazení rentgenky

Kontroluje se, zda při selhání chlazení rentgenky dojde k vypnutí vysokého napětí a zda při opětovném spuštění chlazení nedojde k samovolnému zapnutí vysokého napětí. V případě chlazení vodou z rezervoáru je možné provést tuto kontrolu pouze v případě přehřátí rentgenky dlouhodobým provozem.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: týdně

2.2.5 Bezpečnostní zařízení vztažená ke vzájemnému pohybu ozařovače a ozařovacího stolu

U ozařovačů, které jsou vybaveny stolem s motorickým ovládáním nebo u kterých je motoricky ovládán pohyb rentgenového zářiče, je třeba provádět kontroly obdobně jako u radionuklidových ozařovačů, viz Doporučení SÚJB – Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – Radionuklidové ozařovače, kapitola 2.6.

2.2.6 Neporušenost filtrů

Neporušenost výměnných filtrů je zásadní požadavek, protože chybějící vrstvy mohou podstatně změnit dávkový příkon. Filtry se kontrolují vizuálně.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: týdně

2.2.7 Ochranné pomůcky

Vizuálně se kontroluje mechanická neporušenost ochranných pomůcek (zástěry, rukavice).

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: týdně

2.2.8 Tubusy

Provádí se vizuální kontrola mechanické neporušenosti.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: týdně

2.2.9 Aretace pohybů

Kontroluje se možnost zajištění polohy rentgenového zářiče a ozařovacího stolu vzhledem ke všem jejich pohybům.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: týdně

2.2.10 Ostatní příslušenství

Vizuálně se kontrolují kabely, přívody chladicího média, neporušenost krytů, poslechově transformátor vysokého napětí (neobvyklé zvuky).

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: měsíčně

2.3 Bezpečnostní zařízení vztahovaná ke svazku záření

2.3.1 Volba filtru

Rentgenové ozařovače určené pro používání s výměnnými přídavnými filtry (což mohou být i prázdné rámečky), které nejsou trvale připevněny k výměnným tubusům, musí vyhovovat následujícím požadavkům:

- *Každý výměnný přídavný filtr musí být jasně a stále označen tak, aby jej bylo možno identifikovat i v případě, že je zasunut v pracovní poloze.*
- *Musí být zajištěno, že nelze spustit záření, pokud nebyla obsluhou na ovládacím panelu zvolena nebo potvrzena kombinace vysokého napětí a proudu rentgenky. Přitom po automatickém ukončení záření (po aplikaci předvolené dávky) musí být umožněno další ozáření až po novém výběru nebo potvrzení přídavného filtru (RESET).*
- *Musí být zajištěno, že nelze spustit záření, pokud není výměnný filtr zvolený na ovládacím panelu umístěn ve správné poloze.*

Kontroluje se označení filtrů a blokování záření při nezasunutém (neúplně nebo nesprávně zasunutém) filtru, při zasunutém jiném filtru než je zvolen na ovládacím panelu a v případě, že volba filtru nebyla potvrzena po předchozí aplikaci dávky.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: týdně

2.3.2 Volba tubusu s trvale připevněným filtrem

Rentgenové ozařovače s výměnnými tubusy, které mají trvale připevněny filtry, musí být vybaveny systémem, který neumožní spustit záření, pokud není výměnný tubus správně orientován a připevněn ke krytu rentgenky a zvolené napětí není jedno z těch, která jsou specifikována pro užití s vybraným tubusem.

Kontroluje se blokování záření pro uvedené případy.

Pokud existuje několik výměnných tubusů s různými trvale připevněnými filtry pro stejnou vzdálenost ohnisko - kůže a stejnou velikost pole, je nutno je chápat jako vyměnitelné filtry ve smyslu kapitoly 2.3.1.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: týdně

2.3.3 Systém aplikace dávky (ozařovací čas)

Rentgenový ozařovač musí být vybaven detektorem záření (monitorovou komorou) s displejem na ovládacím panelu pro monitorování dávky. Tento požadavek se nevztahuje na ozařovače, u kterých je vzdálenost ohniska od nejbližší části nástavce pro nasazení tubusu kratší než 8 cm a pro které jsou určeny jen takové tubusy, které zajišťují vzdálenost ohnisko - kůže menší než 40 cm.

Terapeutický rentgenový ozařovač musí být vybaven zařízením, které může být předvoleno na hodnotu parametru (např. ozařovací čas nebo monitorovací jednotky), jenž má stanovitelný vztah k absorbované dávce v referenčním bodě léčeného objemu. Toto primární zařízení musí automaticky vypnout záření, když parametr dosáhne předvolené hodnoty.

K monitorování a kontrole absorbované dávky musí být zařízení vybaveno dvěma nezávislými řídicími časovači nebo dvěma systémy monitorování dávky. Tyto systémy musí splňovat následující podmínky:

- Chybná funkce jednoho systému monitorování dávky nesmí ovlivnit správnou funkci druhého systému.
- Při poruše kteréhokoliv prvku společného oběma systémům se ukončí ozařování.
- Při poruše napájení kteréhokoliv systému musí dojít k ukončení ozařování.
- Systémy monitorování dávky musí být uspořádány buď v redundantní kombinaci nebo v kombinaci primárního/sekundárního časovače.
- Primární systém nebo oba systémy v případě redundantní kombinace musí ukončit ozařování po dosažení předvoleného času nebo počtu monitorovacích jednotek. Sekundární systém v kombinaci primárního/sekundárního časovače musí ukončit ozařování po překročení předvoleného času nebo počtu monitorovacích jednotek buďto o nejvýše 10 %, pokud se používají procentuální meze, nebo o nejvýše 0,1 min (nebo o 0.1 Gy ekvivalentní absorbované dávky ve standardní ozařovací vzdálenosti), pokud se používají pevné meze. V takovém případě nesmí být umožněno spustit záření pouze po vynulování a nastavení nové hodnoty, ale musí být nutné provést ještě další operaci.
- Má-li toto sekundární zařízení stejný parametr jako zařízení primární, musí být obě okamžité hodnoty stále zobrazeny na ovládacím panelu ve stejných jednotkách.
- Hodnota parametru musí být načítána od nuly směrem nahoru a v případě selhání primárního zařízení musí načítání pokračovat, dokud nedojde k vypnutí záření.
- Sledovaná veličina musí být jen na jedné stupnici a smí být použita jen jedna jednotka, popř. s dalším desetinným dělením.
- Okamžitá hodnota parametru a jeho předvolená hodnota musí být stále zobrazena na ovládacím panelu.
- Načtená hodnota musí zůstat zobrazena po přerušení i po ukončení ozařování, dokud není vynulována obsluhou.

- V případě výpadku elektrického napájení rentgenového ozařovače musí hodnota parametru v okamžiku přerušení zůstat uchována po dobu minimálně 20 min.
- Po vypnutí záření po dosažení předvolené hodnoty nesmí být umožněno další ozáření, pokud není hodnota znovu nastavena nebo potvrzena (RESET).

Kontroluje se, zda jsou vyžadované údaje uchovány po přerušení ozařování, po ukončení ozařování a v případě výpadku napájení. Dále se kontroluje, zda nelze spustit záření, aniž by byla znovu předvolena hodnota parametru. Vyhovění ostatním požadavkům se kontroluje v závislosti na konkrétním technickém provedení.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: měsíčně

2.4 Systém sledování pacienta

Kontroluje se, zda je možno pacienta nepřetržitě vizuálně sledovat a zda je funkční oboustranná akustická komunikace.

kontrola funkčnosti frekvence kontrol: denně

3. MECHANICKÉ PARAMETRY A SHODA MECHANICKÝCH A OPTICKÝCH PARAMETRŮ

Každý prostředek pro modifikaci svazku záření, kromě prostředků pro intrakavitární ozařování, musí mít vnější tvar nebo zvláštní značky, které umožní poznat směr a tvar svazku záření. Dále musí být

- pro každý tubus jasně a trvale vyznačen nominální rozměr radiačního pole na konci tubusu a nominální vzdálenost od ohniska ke konci tubusu*
- pro každé nastavitelné kolimační zařízení poskytnuty prostředky, jak pro indikaci nominálních rozměrů radiačního pole, tak pro indikaci nominální vzdálenosti ohnisko – kůže*
- v průvodní dokumentaci uvedeno upozornění pro obsluhu, že za vhodných okolností mají být používány změřené hodnoty vzdáleností a rozměrů místo nominálních hodnot*

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

Tato kontrola se provádí obdobně jako u radionuklidových ozařovačů viz Doporučení SÚJB – Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – Radionuklidové ozařovače, kapitola 3.1, a to v rozsahu, jaký umožňuje daný rentgenový ozařovač (pro základní polohu).

tolerance: 2 mm ϕ frekvence kontrol: měsíčně
--

3.2 Ozařovací vzdálenost (vzdálenost ohnisko - kůže)

U ozařovačů s proměnnou ozařovací vzdáleností (vzdálenost ohnisko – kůže) se ověřuje správnost nastavení vzdálenosti (mechanický pointer, optický zaměřovací systém). Kontrola se provádí pro všechny používané vzdálenosti pro základní polohu (svazek kolmo k zemi) a pro obě polohy s horizontálním svazkem.

tolerance: 2 mm frekvence kontrol: týdně pro základní polohu měsíčně pro horizontální polohy

3.3 Symetrie kolimátoru, rovnoběžnost a kolmost lamel kolimátoru resp. tubusu

Symetrie, rovnoběžnost a kolmost lamel kolimátoru se kontroluje pro základní polohu a pro obě polohy s horizontálním svazkem při velikosti pole 10cm x 10cm a při maximální velikosti ozařovacího pole ve standardní ozařovací vzdálenosti, vždy pro 2 polohy kolimátoru navzájem pootočené o 90° kolem osy 2. Rovnoběžnost a kolmost konce tubusu se kontroluje pro všechny tubusy.

a) symetrie kolimátoru

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

tolerance : 2 mm frekvence kontrol : ročně

b) rovnoběžnost a kolmost lamel kolimátoru resp. tubusu

Rovnoběžnost a kolmost se kontroluje přímým měřením úhlů sevřených dostupnými páry lamel kolimátoru resp. tubusu nebo měřením úhlů stran světelného pole resp. čtyřúhelníka vzniklého obkreslením konce tubusu na papír.

tolerance : 1° frekvence kontrol : ročně

3.4 Velikost světelného pole

Kontroluje se rozdíl mezi skutečnou velikostí světelného pole měřenou v používaných ozařovacích vzdálenostech a údajem o velikosti pole indikovaným na stupnici pro příslušnou ozařovací vzdálenost (SSD). Měření se provádí pro základní polohu a pro obě polohy s horizontálním svazkem pro 3 velikosti ozařovacího pole (nejmenší nastavitelná hodnota, pole 10cm x 10cm, největší nastavitelná hodnota).

tolerance : 2 mm frekvence kontrol : pro základní polohu : týdně pro horizontální polohy a různá SSD : ročně

4. CHARAKTERISTIKY RADIAČNÍHO POLE

4.1 Velikost radiačního pole

Velikost radiačního pole je dána rozměrem plochy vymezené 50% izodozní křivkou (100% leží na ose svazku záření) v rovině kolmé k ose svazku záření ve standardní ozařovací vzdálenosti. Kontroluje se pro jedno pole střední velikosti (10x10 cm²), pro jedno malé pole a pro maximální rozevření clon resp. pro všechny tubusy.

Standardní ozařovací vzdálenost (NTD - normal treatment distance) pro rtg. záření je stanovena vzdálenost měřená podél osy svazku záření od zdroje záření (ohniska) ke vstupnímu povrchu.

4.1.1 Shoda světelného a radiačního pole

Shoda světelného pole a radiačního pole se kontroluje snímkem na film umístěný na povrchu fantomu nebo vyhodnocením profilů změřených detektorem s velkou rozlišovací schopností. Kontrola se provádí v základní poloze ozařovače pro jedno pole střední velikosti (10 cm x 10 cm) pro všechny používané kombinace napětí a filtrace a pro jedno malé pole a pro maximální rozevření clon pro jednu kombinaci napětí a filtrace. Dále pak pro jedno pole střední velikosti a jednu kombinaci napětí a filtrace při horizontální poloze osy svazku. U ozařovačů s proměnnou vzdáleností ohnisko - kůže dále pak ještě pro vzdálenost odlišnou o minimálně 20 cm. Vyhodnocuje se maximální vzdálenost mezi okrajem světelného pole a okrajem radiačního pole. Předepsanou frekvenci je potřeba chápat tak, že kontrola se má provést měsíčně alespoň pro jedno pole, ale pro příští kontrolu budou vybrány jiné svazky tak, aby za rok byla proměřena celá předepsaná kombinace svazků.

tolerance: 2 mm frekvence kontrol: měsíčně: 1 pole ročně: celá kombinace

4.1.2 Shoda světelné osy resp. osy tubusu a osy svazku záření

Vyhodnocuje se vzdálenost mezi průmětem světelné osy (resp. průsečíkem úhlopříček čtyřúhelníka vzniklého obkreslením konce tubusu na papír nebo středem tubusu, je-li vyznačen na tubusu) a průmětem osy svazku záření (průsečík úhlopříček radiačního pole stanoveného v odstavci 4.1.1) do roviny kolmé k ose svazku záření ve standardní ozařovací vzdálenosti.

tolerance: 2 mm frekvence kontrol: měsíčně: 1 pole ročně: celá kombinace

4.1.3 Shoda radiačního pole s údajem tubusu resp. stupnice

Shoda velikosti radiačního pole s údajem tubusu resp. stupnice se kontroluje snímkem na film umístěný na povrchu fantomu nebo vyhodnocením profilů změřených detektorem s velkou rozlišovací schopností (případně přepočtem velikosti pole z referenční hloubky k povrchu). Kontrola se provádí pro jednu kombinaci napětí a filtrace pro všechny tubusy a pro jeden tubus pro všechny používané kombinace napětí a filtrace. Vyhodnocuje se rozdíl mezi velikostí radiačního pole a údajem tubusu resp. stupnice.

tolerance: 4 mm frekvence kontrol: ročně

4.2 Homogenita radiačního pole

Homogenita, symetrie a polostín radiačního pole se stanovují pro konvenční rentgeny. Stanovují se pro všechny používané kombinace napětí a filtrace a pro všechny tubusy resp. pro pole střední velikosti ($10 \times 10 \text{ cm}^2$), pro jedno malé pole a pro maximální rozevření clon, a to na hlavních osách polí, pro základní polohu ozařovače.²

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.

Homogenita je poměr maximální absorbované dávky k minimální absorbované dávce v homogenizované oblasti radiačního pole (zprůměrované z plochy ne větší než 1 cm^2).

Kontrola se provádí vyhodnocením profilů změřených detektorem s velkou rozlišovací schopností v referenční hloubce fantomu, povrch fantomu je ve standardní ozařovací vzdálenosti. Lze použít i jiné metody, např. filmu umístěného na povrchu fantomu ve standardní ozařovací vzdálenosti. Vyhodnocení filmu se provádí denzitometricky (nutno ověřit závislost zčernání na dávce). V tomto případě je třeba být si vědom nepřesnosti, která je způsobena značnou energetickou závislostí filmu, ve vztahu k energetické nehomogenitě svazku. Projeví se to zejména při stanovení velikosti polostínu. Tuto metodu lze použít pro zkoušky provozní stálosti, zejména pokud je navázána na iontometrickou metodu, nikoliv pro absolutní stanovení dané veličiny.

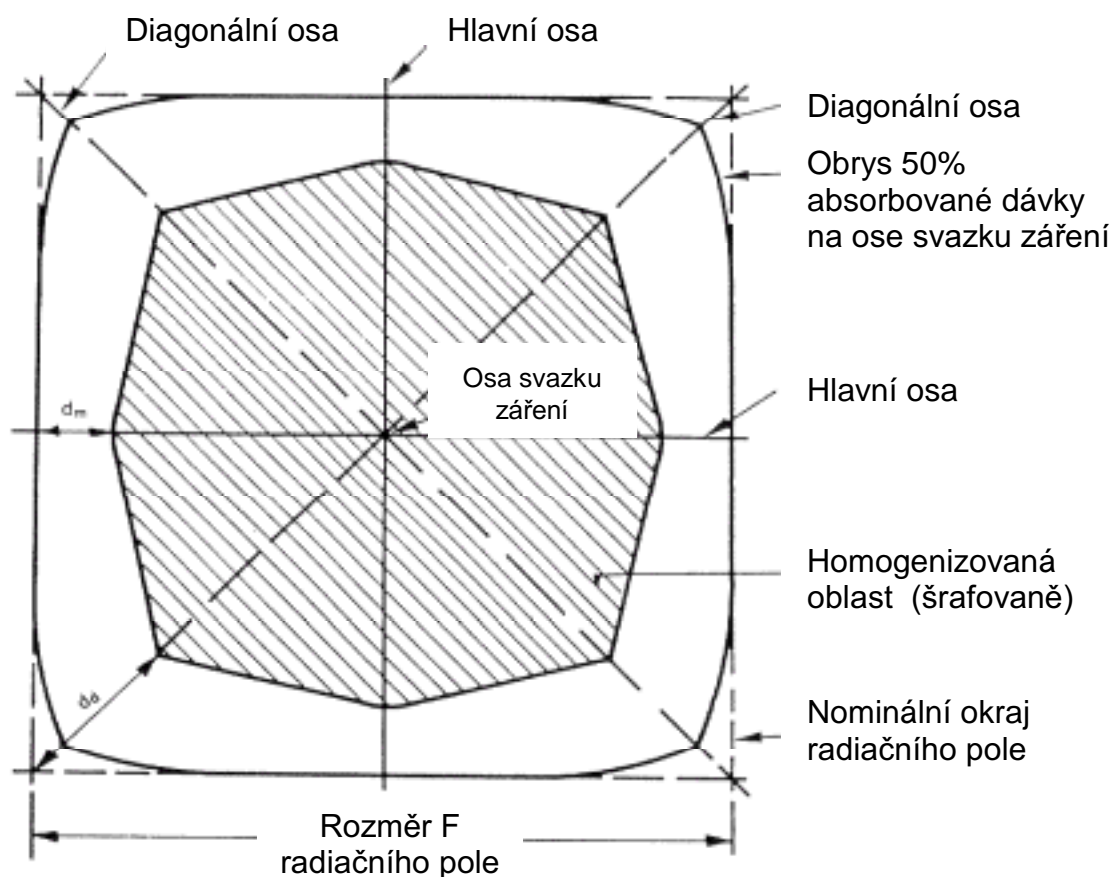
tolerance: 1.16 frekvence kontrol: ročně

² Podmínky uvedené v tomto odstavci jsou dostačující pro zkoušky provozní stálosti a dlouhodobé stability.

TABULKA 4.1

Homogenizovaná oblast pro záření X podle obr. 2

Velikost čtvercového radiačního pole F/cm/	Hlavní osa d_m /cm/	Diagonála d_d /cm/
$F \leq 10$	1	2
$F > 10$	0,1 F	0,2 F



Obr. 2 Homogenizovaná oblast (vyznačena šrafovaně)

4.3 Symetrie radiačního pole

Symetrie radiačního pole se stanovuje z dávkových profilů na hlavních osách radiačního pole změřených v odstavci 4.2. Symetrie je definována jako maximální poměr absorbovaných dávek v bodech ležících symetricky vzhledem k ose svazku záření v homogenizované oblasti.

tolerance : 1.06 frekvence kontrol: 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. Změřený polostín se porovná 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 10 mm.

tolerance: 2 mm frekvence kontrol: ročně

4.5 Unikající záření

Kontroly popsané v této kapitole jsou součástí zejména typových zkoušek. V odůvodněných případech (zásah do krytu rentgenky nebo do kolimačního systému) je třeba provést je v rámci následné zkoušky dlouhodobé stability, proto jsou zde popsány. Kontrolu záření pronikajícího krytem rentgenky (kapitola 4.5.2) je vhodné provádět v rámci zkoušky dlouhodobé stability jednou ročně.

4.5.1 Záření pronikající kolimačním systémem

Je-li ke krytu rentgenky připevněn proměnný kolimační systém nebo tubus (kromě těch, které jsou určeny pro intrakavitární ozařování), nesmí kermový příkon vně pole záření přesáhnout následující tabulkou stanovený podíl kermového příkonu v ose svazku (bez stínícího bloku) ve stejné rovině.

Laterální rozměr stínícího bloku	Maximální kermový příkon ve vzdálenosti větší než 20 mm od hrany bloku
1,5 krát laterální rozměr radiačního pole na konci kolimátoru	0.5 %
1,1 krát laterální rozměr radiačního pole na konci kolimátoru	2 %

Kermový příkon se měří při maximálním napětí a s maximální filtrací. Na distální konec kolimátoru se umístí plochý olověný blok stejného tvaru jako radiační pole s rozměry podle předchozí tabulky. Tloušťka bloku musí být taková, aby zeslabení vzduchové kerry na ose svazku bylo alespoň 10⁴ krát. Pro kolimační systém s nastavitelnou velikostí pole se měření provádí pro minimální velikost pole. Vypouklé plastické konce tubusů se pro účely měření mohou odejmout. Měření musí být průměrem přes plochu (vstupní okénko detektoru) 10 cm² s maximálním lineárním rozměrem 4 cm.

tolerance: 0.5 % resp. 2 % frekvence kontrol: dle potřeby
--

4.5.2 Záření pronikající krytem rentgenky

Rentgenové zářiče musí být konstruovány tak, aby kermový příkon pronikající krytem rentgenky nepřekročil hodnoty v následující tabulce:

Napětí na rentgence	Maximální povolený kermový příkon
nad 150 kV	10 mGy/h ve vzdálenosti 1 m od referenčního středu ³ a 300 mGy/h ve vzdálenosti 50 mm od povrchu krytu rentgenky
do 150 kV včetně	1 mGy/h ve vzdálenosti 1 m od referenčního středu
do 50 kV včetně pro zařízení určená pro držení v ruce	1 mGy/h ve vzdálenosti 50 mm od povrchu krytu rentgenky

Kermový příkon se měří při zakrytém výstupním okénku krytu rentgenky. Stínící materiál nesmí přesahovat více než 5 mm vně radičního pole a musí zajistit snížení příkonu na ose záření minimálně 10^6 . Nastavuje se taková (v dokumentaci) povolená kombinace napětí a proudu, která je nejméně příznivá pro vyhovění požadavku. Měření kermového příkonu v 1 m od referenčního středu musí být průměrem přes plochu (vstupní okénko detektoru) 100 cm^2 s maximálním lineárním rozměrem 20 cm. Za součást krytu se považuje kolimační systém, je-li k němu permanentně připevněn. Měření kermového příkonu v 50 mm od povrchu musí být průměrem přes plochu 10 cm^2 s maximálním lineárním rozměrem 4 cm.

tolerance: viz tabulka
frekvence kontrol: dle potřeby

4.5.3 Záření z jiných částí než z rentgenky

Příkon kermu ve vzduchu nesmí v žádném místě vzdáleném 50 mm od libovolné součásti rentgenového generátoru kromě krytu rentgenky přesáhnout $0,02 \text{ mGy/h}$. Měření se provádí s generátorem pracujícím za takových podmínek povolených v dokumentaci, které jsou nejméně příznivé pro vyhovění danému požadavku. Měření musí být průměrem přes plochu (vstupní okénko detektoru) 10 cm^2 s maximálním lineárním rozměrem 4 cm.

tolerance: $0,02 \text{ mGy/h}$
frekvence kontrol: dle potřeby

³ Referenční střed je střed koule o poloměru 10 mm, ve kterém je obsaženo ohnisko. Poloha referenčního středu musí být popsána v pr úvodní dokumentaci

5. DOZIMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY

V této kapitole se naměřená hodnota daných veličin srovnává s referenční hodnotou (stanovenou např. před zahájením provozu nebo při počáteční zkoušce dlouhodobé stability), přičemž odchylku Δ měřené hodnoty (M_m) od referenční hodnoty (M_{ref}) definujeme jako:

$$\Delta = 100 \cdot (M_m - M_{ref}) / M_{ref} \quad [\%] \quad /1/$$

5.1 Absorbovaná dávka v referenčním bodě

Stanovení absorbované dávky v referenčním bodě se provádí před zahájením provozu a pak pravidelně, nejméně jedenkrát ročně, podle Doporučení SROBF: Stanovení absorbované dávky v referenčním bodě. Měření se provádí pro každou používanou kombinaci napětí a filtrace a pro každou používanou vzdálenost ohnisko – kůže (standardní ozařovací vzdálenost).

Pro konvenční rentgeny se dávka stanovuje měřením ve vodě v referenčním bodě, který leží v hloubce referenční roviny (2 cm pod povrchem fantomu) na ose svazku záření, pro pole 10 cm x 10 cm nebo průměr 10 cm, přičemž vzdálenost ohnisko – detektor je rovna standardní ozařovací vzdálenosti + referenční hloubka.⁴

Pro nízkoenergetické rentgeny se dávka stanovuje měřením ve vzduchu nebo na povrchu voděekvivalentního fantomu pro pole 3 cm x 3 cm nebo průměr 3 cm, přičemž vzdálenost ohnisko – detektor je rovna standardní ozařovací vzdálenosti.⁴

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

5.2 Kvalita záření - měření polotloušťky

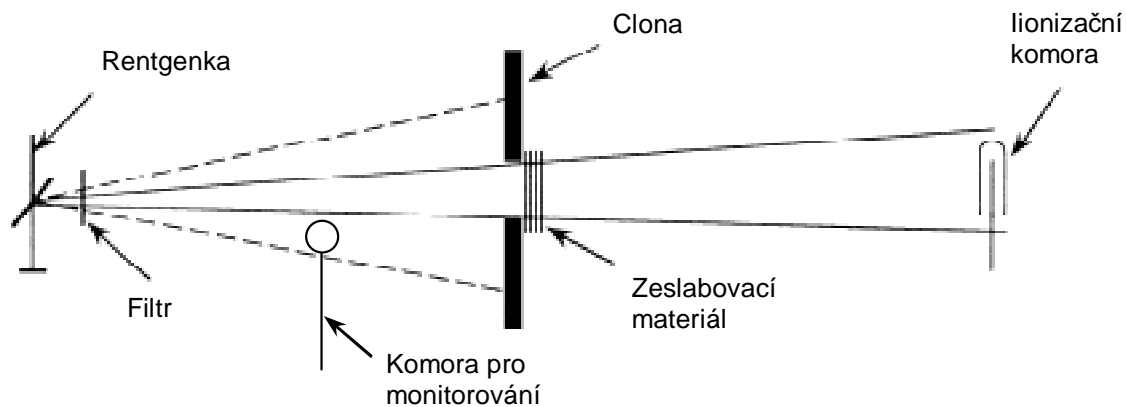
K popisu kvality záření se používá hodnota první polotloušťky a stupeň homogenity. Doporučuje se používat takové kombinace napětí a filtrace, která jsou blízké těm, pro které je možnost kalibrovat ionizační komory.

Jako zeslabovací materiál pro stanovení polotloušťky se pro nižší hodnoty napětí používá hliník (maximálně do hodnoty $d_{1/2}$ 7 až 10 mm), pro vyšší hodnoty napětí měď. Ionizační komora s malou energetickou závislostí (menší než 2.5 % v dané energetické oblasti) se umístí asi 1 m od ohniska dostatečně daleko od předmětů, které by mohly způsobit rozptyl záření viz obr. 3. Zaznamenávají se odezvy ionizační komory pro případ bez zeslabovacího materiálu a s různými vrstvami zeslabovacího materiálu umístěného mezi ohnisko a ionizační komoru. Odezvu je vhodné vztáhnout k odezvě další komory⁵ umístěné mezi ohniskem a zeslabovacím materiálem tak, že

⁴ Volí se rozměr pole nejbližší uvedenému rozměru.

⁵ Např. při nestabilitě rentgenky, u starých přístrojů apod.

nezasahuje do oblasti svazku vymezeného clonou. Postupným přidáváním zeslabovacího materiálu musí dojít ke zmenšení odezvy na méně než čtvrtinu původní hodnoty. Interpolací závislosti odezvy na tloušťce zeslabovacího materiálu (např. graficky pomocí semilogaritmické stupnice) zjistíme hodnotu první polotloušťky (zmenšení odezvy na 1/2) a druhé polotloušťky (zmenšení odezvy z 1/2 na 1/4). Svazek záření musí být dodatečně vycloněn tak, aby jeho průměr právě postačoval k úplnému a rovnoměrnému ozáření ionizační komory (příliš úzký svazek způsobí nehomogenní ozáření komory, u příliš širokého svazku dochází k přeceňování polotloušťky). Clona se umístí do blízkosti zeslabovacího materiálu. Vzdálenost ionizační komory od clony musí být minimálně 40 až 50 cm. V případě použití komory pro monitorování musí být clona mezi touto komorou a zeslabovacím materiálem. Měření polotloušťky bývá zatíženo velkou chybou, proto při ověřování její hodnoty v dalších měřeních je potřeba přesně reprodukovat podmínky měření (geometrie ozáření, materiál filtrů).



Obr. 3 Měření polotloušťky

Kvalita záření musí být zjištěna na začátku provozu pro každou používanou kombinaci napětí a filtrace a kontrolována po každé opravě, která může kvalitu záření ovlivnit (výměna rentgenky nebo jejího krytu).

tolerance:
 pro konvenční rentgeny: 10%
 pro nízkoenergetické rentgeny: 20%
 frekvence kontrol: ročně

5.3 Faktory velikosti pole

Stanovení faktorů velikosti pole se provádí před zahájením provozu pro všechny tubusy, resp. pro vybraná čtvercová pole, pro všechny používané kombinace napětí a filtrace. Následné pravidelné kontroly těchto faktorů se provádějí alespoň pro 3 nejčastěji používané tubusy resp. pro 3 čtvercová pole (pole 10cm x 10cm resp. 3cm x 3cm, nejmenší a největší používaný rozměr pole), v podmínkách stejných jako v bodě 5.1, pro každou používanou kombinaci napětí a filtrace. Pro každé pole o rozměrech a cm x b cm se stanoví faktor velikosti pole (output factor- OF), který je dán poměrem

$$\begin{aligned} \text{OF} &= D_{a,b}/D_{10,10} = M_{a,b}/M_{10,10} \quad \text{resp.} & /2/ \\ \text{OF} &= D_{a,b}/D_{3,3} = M_{a,b}/M_{3,3} \cdot B_{a,b}/B_{3,3} \end{aligned}$$

kde $D_{a,b}$ je dávkový příkon pro pole a cm x b cm a $D_{10,10}$ resp. $D_{3,3}$ je dávkový příkon pro pole 10cm x 10cm resp. 3cm x 3cm (nebo jiný referenční rozměr pole), $M_{a,b}$ jsou příslušné odezvy dozimetru, $B_{a,b}$ jsou příslušné faktory zpětného rozptylu. Tento poměr je porovnán s referenční hodnotou faktoru velikosti pole podle vztahu /1/.

tolerance: 3% frekvence kontrol: ročně

5.4 Hloubkové dávky

Hloubkové dávky konvenčních rentgenů se zjišťují měřením planparalelní ionizační komorou ve vodním fantomu. Při užití jiného fantomového materiálu než vody se musí klást zvláštní důraz na jeho výběr, zejména pro nižší energie (závislost vlivu fotoefektu na protonovém čísle).

Pro nízkoenergetické rentgenové ozařovače je přípustné použít tabulkové hodnoty hloubkových dávek (BIR: Central Axis Depth Dose Data for Use in Radiotherapy, British Journal of Radiology, Supplement No.17, 1983 a Supplement No. 25, 1996).

Periodická kontrola se provádí pro všechny používané kombinace napětí a filtrace pro jedno standardní pole.

tolerance: 3% frekvence kontrol: ročně

6. SYSTÉM MONITOROVÁNÍ DÁVKY

Pro kontroly systému monitorování dávky (časovače nebo monitorové komory) je výhodné použít rutinní dozimetr s komorou fixovanou k ozařovací hlavici, aby byla zajištěna reprodukovatelnost měření.

6.1 Monitorování dávky

Monitorováním dávky se rozumí kontrola stability dávky v referenčním bodě. Tuto kontrolu lze provádět buď stejným způsobem jako v kapitole 5.1 (tj. pro konvenční záření měřením ve fantomu za referenčních podmínek) nebo jednodušším způsobem pomocí rutinního dozimetru s komorou umístěnou v jednoduchém fantomu z pevné látky nebo ve vzduchu (za přesně reprodukovatelných podmínek). Při kontrole se porovnává měřená hodnota (odečet dozimetru korigovaný na tlak a teplotu) s referenční hodnotou, která je navázána na stanovení absorbované dávky v referenčním bodě podle kapitoly 5.1. Toto monitorování dávky se provádí pro každou používanou kombinaci napětí a filtrace, pro referenční velikost pole (viz kapitola 5.1). V případě, že odchylka měřené hodnoty od referenční hodnoty, stanovená podle vztahu /1/, překročí toleranci, je nutné stanovit dávku v referenčním bodě podle kapitoly 5.1.

tolerance: 5%
frekvence kontrol: měsíčně

Tuto frekvenci je nutno chápat jako minimální. Při zjištění, že se odezva během jednoho měsíce výrazně mění, je potřeba frekvenci zvýšit, popř. u jednorázových aplikací vysokých dávek (větších než 10 Gy) měřit odezvu přímo před aplikací.

6.2 Reprodukovatelnost aplikované dávky

Reprodukovatelnost aplikované dávky se hodnotí na základě stanovení variačního koeficientu měřených hodnot, tj. odečtů dozimetru umístěného v definovaném bodě na ose svazku záření pro jeden vybraný tubus. Zařízení pro předvolbu dávky se nastavuje na dvě různé hodnoty: 5 % a 20 % rozsahu stupnice parametru (ozařovací doba nebo počet monitorovacích jednotek) Variační koeficient se počítá ze vztahu :

$$s = (100/K) \cdot [\sum(K-K_i)^2 / (n-1)]^{1/2} \% , \quad /3/$$

kde K_i je hodnota i -tého odečtu dozimetru
 K je průměrná hodnota hodnot K_i
 n je počet měření.

Minimální počet měření v jedné sadě je 10. Měření se provádí pro všechny používané kombinace napětí, proudu a filtrace.

tolerance: 3 % pro ozařovače se jmenovitým napětím > 150 kV 5 % pro ozařovače se jmenovitým napětím ≤ 150 kV frekvence kontrol: ročně
--

6.3 Linearita aplikované dávky

K hodnocení se používají výsledky měření podle kapitoly 6.2. Reprodukovatelnost aplikované dávky. Průměrné hodnoty odečtu dozimetru musí odpovídat následujícímu vztahu:

$$|K_1/Q_1 - K_2/Q_2| \leq 0,025 |K_1/Q_1 + K_2/Q_2|, \quad /4/$$

kde K_i představují průměrné hodnoty odečtu dozimetru pro předvolenou hodnotu parametru Q_i (tj. 5 % a 20 % rozsahu stupnice pro ozařovací dobu nebo pro počet monitorovacích jednotek).

tolerance: viz vztah /4/ frekvence kontrol: ročně
--

6.4 Časovač

Pomocí vnějších stopek se ověřuje přesnost zabudovaných stopek (resp. přesnost vypnutí přístroje). Ověřování se provádí minimálně pro dvě hodnoty času, které odpovídají běžně používaným hodnotám a liší se zhruba dvojnásobně.

tolerance: 2 % frekvence kontrol: týdně
--

6.5 Efekt zapnutí

Je-li dávka aplikována nastavením ozařovacího času, může být případné překročení tolerance pro linearitu (kapitola 6.3) způsobeno tím, že dávkový příkon po zapnutí vysokého napětí určitý čas stoupá než dosáhne stabilní hodnoty. V takovém případě je potřeba změřit závislost dávky na ozařovacím čase a např. grafickou metodou stanovit korekční faktory (resp. vhodný algoritmus výpočtu) pro ozařovací časy, u kterých by chyba způsobená popsáním jevem překročila 2% aplikované dávky. Nelze však používat časy, pro které by korekce byla větší než 10%.

tolerance: 2% frekvence kontrol: ročně

7. PŘEHLED ZKOUŠEK PROVOZNÍ STÁLOSTI A ZKOUŠEK DLOUHODOBÉ STABILITY

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

Jedenkrát ročně se provedou všechny kontroly uvedené v doporučení a tato sada kontrol se 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.

Přejímací zkouška se provádí v souladu s Vyhláškou č.184/1997 Sb.. Skládá se ze dvou částí jako pro ostatní radioterapeutické ozařovače, a to z přejímací zkoušky zdroje a z přejímací zkoušky pro klinický provoz.

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. kontrola nulové polohy) 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).

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.

7.1 Denní kontroly

Vymezení kontroly	Kapitola	Tolerance
1. Signalizace stavu přístroje	2.1	F
2. Pohyby ozařovače (včetně STOP tlačítek)	2.2.5	F
3. Systém sledování pacienta (zvuk, obraz)	2.4	F

F - kontrola funkčnosti

7.2 Týdenní kontroly

Vymezení kontroly	Kapitola	Tolerance
1. Vstupní dveře do ozařovny	2.2.1	F
2. Nouzové vypínače	2.2.2	F
3. Chlazení rentgenky	2.2.4	F
4. Neporušenost filtrů	2.2.6	F
5. Ochranné pomůcky	2.2.7	F
6. Tubusy	2.2.8	F
7. Aretace pohybů	2.2.9	F
8. Volba filtru	2.3.1	F
9. Volba tubusu s trvale připevněným filtrem	2.3.2	F
10. Ozařovací vzdálenost*	3.2	2 mm
11. Velikost světelného pole*	3.4	2 mm
12. Časovač	6.4	2 %

F - kontrola funkčnosti

*) kontrola se provádí pro základní polohu ozařovače

7.3 Měsíční kontroly

Vymezení kontroly	Kapitola	Tolerance
1. Přesnost elektronických stupnic	1.4	1° resp. 2 mm
2. Zajištění před samovolným zapnutím	2.2.3	F
3. Kontrola ostatního příslušenství	2.2.10	F
4. Ozařovací vzdálenost **	3.2	2 mm
5. Systém aplikace dávky (uchování údajů atd.)	2.3.3	F
6. Souhlas geometrické osy a osy rotace kolimátoru*	3.1	2 mm ϕ ***
7. Souhlas osy rotace kolimátoru a světelné osy*	3.1	2 mm
8. Shoda světelného a radiačního pole*	4.1.1	2 mm
9. Shoda světelné osy resp. osy tubusu a osy svazku záření*	4.1.2	2 mm
10. Monitorování dávky	6.1	5 %

F - kontrola funkčnosti

*) kontrola se provádí pro základní polohu ozařovače

***) kontrola se provádí při horizontální poloze svazku ozařovače

***) průměr kružnice je 4 mm

7.4 Roční kontroly

Vymezení kontroly	Kapitola	Tolerance
1. Nulová poloha	1.4	1°
2. Přesnost mechanických stupnic	1.4	1° resp. 2 mm
3. Souhlas geometrické osy a osy rotace kolimátoru**	3.1	2 mm ϕ ***
4. Souhlas osy rotace kolimátoru a světelné osy**	3.1	2 mm
5. Geometrie kolimátoru a) symetrie lamel kolimátoru	3.3	2 mm
b) rovnoběžnost a kolmost lamel kolimátoru resp tubusu	3.3	1°
6. Velikost světelného pole**	3.4	2 mm
7. Shoda světelného a radiačního pole**	4.1.1	2 mm
8. Shoda světelné osy a osy svazku záření**	4.1.2	2 mm
9. Shoda radiačního pole s údajem tubusu resp. stupnice	4.1.3	4 mm
10. Homogenita radiačního pole	4.2	1.16
11. Symetrie radiačního pole	4.3	1.06
12. Polostín radiačního pole (odchylka)	4.4	2 mm
13. Záření pronikající kolimač. systémem pro konvenční rtg pro nízkoenergetické rtg ⁺	4.5.1	0.5 % 2 %
14. Záření pronikající krytem rentgenky ⁺	4.5.2	viz tabulka
15. Záření z jiných částí rentgenky ⁺	4.5.3	0.02 mGy/h
16. Absorbovaná dávka v referenčním bodě [*]	5.1	5 %
17. Měření polotloušťky - pro konvenční rentgeny - pro nízkoenergetické rentgeny	5.2	10 % 20 %
18. Faktory velikosti pole	5.3	3%
19. Hloubkové dávky	5.4	3%
20. Reprodukovatelnost aplikované dávky - pro konvenční rentgeny - pro nízkoenergetické rentgeny	6.2	3% 5%
21. Linearita aplikované dávky	6.3	viz vztah /4/
22. Efekt zapnutí	6.5	2 %

**) kontrola se provádí při horizontální poloze svazku ozařovače

***) průměr kružnice je 4 mm

⁺) není součástí zkoušky provozní stálosti, provádí se v odůvodněných případech

^{*}) frekvence stanovení absorbované dávky v referenčním bodě je **2x ročně!**

PŘÍLOHA I

PŘÍKLADY PROTOKOLŮ PRO ZKOUŠKY PROVOZNÍ STÁLOSTI

Protokoly pro pravidelné kontroly 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

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, dávkové profily změřené v automatickém vodním fantomu apod.

Jako kvalita záření, uváděná do protokolů, se obvykle uvádí napětí, proud a filtrace.

I.1 Příklad protokolu pro denní kontroly

(Protokol pro celý týden)

IDENTIFIKACE OZAŘOVAČE :

Výsledek kontroly
vyhovuje/nevyhovuje

	PO	ÚT	ST	ČT	PÁ
<i>Datum</i>					
<i>Čas zahájení kontroly</i>					
<i>Čas ukončení kontroly</i>					
1. Signalizace na ozařovači					
2. Signalizace u vstupních dveří do ozařovny					
3. Signalizace na ovládacím panelu					
4. Indikace provozních hodnot (napětí, proud, filtr)					
5. Pohyby ozařovače (včetně STOP tlačítek)					
6. Systém sledování pacienta - zvuk					
- obraz					
<i>Ozařovač schopen/neschopen provozu</i>					
<i>Kontrolu provedl</i>					
<i>Podpis</i>					

Poznámky :

I.2 Příklad protokolu pro týdenní kontroly

Identifikace ozařovače:

Číslo protokolu:

Datum:

Čas zahájení kontroly:

Čas ukončení kontroly:

Kontrolu provedl:

Výsledek kontroly: splňuje / nesplňuje tolerance:

Poznámky:

Závěr: Ozařovač je schopný klinického provozu v plném rozsahu

Ozařovač je schopný klinického provozu s následujícími omezeními:

Ozařovač není schopný klinického provozu z těchto důvodů:

Podpis odpovědné osoby:

Vymezení kontroly	Kontrola funkčnosti
1. Vstupní dveře do ozařovny	vyhovuje/nevyhovuje
2. Nouzové vypínače	vyhovuje/nevyhovuje
3. Chlazení rentgenky	vyhovuje/nevyhovuje
4. Neporušenost filtrů	vyhovuje/nevyhovuje
5. Ochranné pomůcky	vyhovuje/nevyhovuje
6. Tubusy	vyhovuje/nevyhovuje
7. Aretace pohybů	vyhovuje/nevyhovuje
8. Volba filtru – blokování při chybně zasunutém filtru při chybném filtru při nepotvrzení volby filtru	vyhovuje/nevyhovuje
9. Volba tubusu s trvale připevněným filtrem	vyhovuje/nevyhovuje

10. Ozařovací vzdálenost – v základní poloze
tolerance: 2 mm

Pointtr / optický dálkoměr Indikovaná vzdálenost (cm)	Naměřená hodnota (cm)	Odchylka (rozdíl údajů)

vyhovuje/nevyhovuje

11. Velikost světelného pole (shoda s indikovaným údajem) – v základní poloze
tolerance: 2 mm

Indikovaná velikost pole (cm x cm)	Velikost světelného pole (cm x cm)	Odchylka (rozdíl údajů)
5 x 5		
10 x 10		
20 x 20*		

*) nebo max. velikost pole

vyhovuje/nehovuje

12. Přesnost nastaveného času
tolerance: 2%

Nastavená hodnota času	Naměřená hodnota času	Odchylka (%) $100 \times (t_{\text{měř}} - t_{\text{nast}}) / t_{\text{nast}}$

vyhovuje/nehovuje

I.3 Příklad protokolu pro měsíční kontroly

Identifikace ozařovače:

Číslo protokolu:

Datum:

Čas zahájení kontroly:

Čas ukončení kontroly:

Kontrolu provedl:

Výsledek kontroly: splňuje / nesplňuje tolerance:

Poznámky:

Závěr: Ozařovač je schopný klinického provozu v plném rozsahu

Ozařovač je schopný klinického provozu s následujícími omezeními:

Ozařovač není schopný klinického provozu z těchto důvodů:

Podpis odpovědné osoby:

1. Přesnost elektronických stupnic

tolerance: 1° resp. 2 mm

Název stupnice:

Nominální hodnota stupnice	Naměřená hodnota stupnice	Odchylka (rozdíl údajů)

vyhovuje/nehovuje

2. Zajištění před samovolným zapnutím

Kontrola funkčnosti

vyhovuje/nehovuje

3. Kontrola ostatního příslušenství

Kontrola funkčnosti

Specifikace příslušenství:

vyhovuje/nehovuje

4. Ozařovací vzdálenost

tolerance: 2 mm

Point / optický dálkoměr Indikovaná vzdálenost (cm)	Naměřená hodnota (cm)	Odchylka (rozdíl údajů)
*		
**		
**		

*) základní poloha

***) horizontální polohy

vyhovuje/nehovuje

5. Systém aplikace dávky

Vymezení kontroly	Kontrola funkčnosti
1. Průběžné zobrazení	vyhovuje/nevyhovuje
2. Uchování údajů po přerušení ozařování	vyhovuje/nevyhovuje
3. Uchování údajů po ukončení ozařování	vyhovuje/nevyhovuje
4. Uchování údajů po výpadku napájení (20 min)	vyhovuje/nevyhovuje
5. Nutnost nového nastavení hodnoty	vyhovuje/nevyhovuje

6. Souhlas geometrické osy a osy rotace kolimátoru – v základní poloze

tolerance : 2 mm ϕ

Naměřená hodnota:

vyhovuje/nevyhovuje

7. Souhlas osy rotace kolimátoru a světelné osy – v základní poloze

tolerance : 2 mm

Naměřená hodnota:

vyhovuje/nevyhovuje

8. Shoda velikosti světelného a radiačního pole – v základní poloze

tolerance: 2 mm

9. Shoda světelné osy (resp. osy tubusu**) a osy svazku záření

tolerance: 2 mm

Velikost pole 10x10 cm ² Kvalita záření	Max. vzdálenost okraje světelného pole od okraje radiačního pole (mm)	Vzdálenost světelné osy a osy svazku záření (mm)

vyhovuje/nevyhovuje

Kvalita záření:

Indikovaná velikost pole (cm x cm)	Max. vzdálenost okraje světelného pole od okraje radiačního pole (mm)	Vzdálenost světelné osy a osy svazku záření (mm)
5 x 5		
10 x 10		
20 x 20*		

*) nebo maximální velikost pole

vyhovuje/nevyhovuje

***) pro tubusy je třeba tabulku upravit

10. Monitorování dávky
tolerance: 5%

Velikost pole: SSD:

Kvalita záření	Referenční hodnota	Naměřená hodnota	Odchylka (%) $100 \times (M_{\text{měř}} - M_{\text{ref}}) / M_{\text{ref}}$

vyhovuje/nevyhovuje

I.4 Příklad protokolu pro roční kontroly

Identifikace ozařovače:

Číslo protokolu:

Datum:

Čas zahájení kontroly:

Čas ukončení kontroly:

Kontrolu provedl:

Výsledek kontroly: splňuje / nesplňuje tolerance:

Poznámky:

Závěr: Ozařovač je schopný klinického provozu v plném rozsahu

Ozařovač je schopný klinického provozu s následujícími omezeními:

Ozařovač není schopný klinického provozu z těchto důvodů:

Podpis odpovědné osoby:

1. Nulová poloha

tolerance: 1°

Naměřená hodnota:

vyhovuje/nevyhovuje

2. Přesnost mechanických stupnic

tolerance: 1° resp. 2 mm

Název stupnice:

Nominální hodnota stupnice	Naměřená hodnota stupnice	Odchylka (rozdíl údajů)

vyhovuje/nevyhovuje

3. Souhlas geometrické osy a osy rotace kolimátoru

tolerance : 2 mm ϕ

Poloha svazku	Naměřená hodnota
základní	
horizontální 1.	
horizontální 2.	

vyhovuje/nevyhovuje

4. Souhlas osy rotace kolimátoru a světelné osy
tolerance : 2 mm

Poloha svazku	Naměřená hodnota
základní	
horizontální 1.	
horizontální 2.	

vyhovuje/nevyhovuje

5. Geometrie kolimátoru
5a) symetrie lamel kolimátoru
tolerance : 2 mm

5b) rovnoběžnost a kolmost lamel kolimátoru resp. tubusu
tolerance : 1°

a_1 resp. a_2 - vzdálenost světelná osa-okraj světelného pole pro první resp. druhou polovinu pole pro osu x

b_1 resp. b_2 - vzdálenost světelná osa-okraj světelného pole pro první resp. druhou polovinu pole pro osu y

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ - úhly světelného pole (nebo lamel) resp. konce tubusu

Poloha svazku	a_1	a_2	$a_1 - a_2$	b_1	b_2	$b_1 - b_2$	α_1	α_2	α_3	α_4
základní										
horizontální 1.										
horizontální 2.										

vyhovuje/nevyhovuje

6. Velikost světelného pole (shoda s indikovaným údajem)
tolerance: 2 mm

Poloha svazku	Indikovaná velikost pole (cm x cm)	Velikost světelného pole (cm x cm)	Odchylka (rozdíl údajů)
základní	5 x 5		
	10 x 10		
	20 x 20*		
horizontální 1.	5 x 5		
	10 x 10		
	20 x 20*		
horizontální 2.	5 x 5		
	10 x 10		
	20 x 20*		

*) nebo max. velikost pole

vyhovuje/nevyhovuje

Podle potřeby rozšířit pro různá SSD.

7. Shoda velikosti světelného a radiačního pole
tolerance : 2 mm

8. Shoda světelné osy a osy svazku záření
tolerance: 2 mm

Kvalita záření:

Velikost pole 10x10 cm ² Poloha svazku	Max. vzdálenost okraje světelného pole od okraje radiačního pole (mm)	Vzdálenost světelné osy a osy svazku záření (mm)
základní		
horizontální 1.		
horizontální 2.		

vyhovuje/nevyhovuje

Podle potřeby rozšířit pro různá SSD.

9. Shoda velikosti radiačního pole s indikovaným údajem tubusu resp. stupnice
tolerance: 4 mm

Kvalita záření:

Tubusy resp. 3 různé velikosti pole	Indikovaná velikost pole		Velikost radiačního pole		Odchylka (rozdíl údajů)	
	osa x (mm)	osa y (mm)	osa x (mm)	osa y (mm)	osa x (mm)	osa y (mm)

vyhovuje/nevyhovuje

Tubus:

Kvalita záření	Indikovaná velikost pole		Velikost radiačního pole		Odchylka (rozdíl údajů)	
	osa x (mm)	osa y (mm)	osa x (mm)	osa y (mm)	osa x (mm)	osa y (mm)

vyhovuje/nevyhovuje

10. Homogenita radiačního pole
tolerance : 1.16

11. Symetrie radiačního pole
tolerance : 1.06

12. Radiační polostín
tolerance : 2 mm (odchylka od referenční hodnoty)

Kvalita záření:

Velikost pole* (cm x cm)	Hlavní osa rad. pole	Homoge- nita	Symetrie	Polostín (mm)		
				naměřený	referenční	odchylka
5 x 5	X					
5 x 5	Y					
10 x 10	X					
10 x 10	Y					
20 x 20**	X					
20 x 20**	Y					

*) resp. různé tubusy

**) nebo maximální velikost pole

vyhovuje/nevyhovuje

13. Záření pronikající kolimačním systémem
tolerance: 0,5% resp. 2%

Kvalita záření:

Kermový příkon v ose svazku:

Kermový příkon pro 1,5 krát laterální rozměr bloku: %

Kermový příkon pro 1,1 krát laterální rozměr bloku: %

vyhovuje/nevyhovuje

14. Záření pronikající krytem rentgenky

tolerance viz tabulka

Kvalita záření:

Kermový příkon v 1 m od referenčního středu:

Kermový příkon ve vzdálenosti 50 mm od povrchu krytu rentgenky:

vyhovuje/nevyhovuje

15. Záření z jiných částí než z rentgenky

tolerance: 0,02 mGy/hod

Kvalita záření:

Kermový příkon ve vzdálenosti 50 mm od libovolné součásti rentgenu kromě krytu rentgenky:

vyhovuje/nevyhovuje

16. Absorbovaná dávka v referenčním bodě

tolerance : 5%

- pro tuto kontrolu je třeba zavést zvláštní formulář

vyhovuje/nevyhovuje

17. Měření polotloušťky

tolerance: 10% pro konvenční rentgeny

20% pro nízkoenergetické rentgeny

Kvalita záření	Referenční hodnota	Naměřená hodnota	Odchylka (%) $100 \times (M_{\text{měř}} - M_{\text{ref}}) / M_{\text{ref}}$

vyhovuje/nevyhovuje

18. Faktory velikosti pole

tolerance : 3%

Kvalita záření:

Velikost pole* (cm x cm)	Měřený údaj	OF _{měřený}	OF _{referenční}	Odchylka (%) $100 \cdot (OF_{\text{měř}} - OF_{\text{ref}}) / OF_{\text{ref}}$
**		1	1	-----

*) resp. tubus

**) referenční pole (tubus)

vyhovuje/nevyhovuje

19. Hloubkové dávky

tolerance : 3%

Kvalita záření:

Referenční pole (tubus):

Hloubka (mm)	Naměřená hodnota	Naměřená hodnota (%)	Referenční hodnota (%)	Odchylka (%) $100 \cdot (M_{\text{měř}} - M_{\text{ref}}) / M_{\text{ref}}$
0		1	1	

vyhovuje/nevyhovuje

20. Reprodukovatelnost aplikované dávky

tolerance: 3% pro ozařovače se jmenovitým napětím > 150 kV

5% pro ozařovače se jmenovitým napětím ≤ 150 kV

Číslo měření	Kvalita záření: Odečet dozimetru		Kvalita záření: Odečet dozimetru	
	5% rozsahu stupnice:	20% rozsahu stupnice:	5% rozsahu stupnice:	20% rozsahu stupnice:
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Průměrná hodnota				
Variační koeficient				

vyhovuje/nevyhovuje

21. Linearita aplikované dávky

tolerance: $|K_1/Q_1 - K_2/Q_2| \leq 0,025 |K_1/Q_1 + K_2/Q_2|$,

kde K_i představují průměrné hodnoty odečtu dozimetru naměřené pro předvolenou hodnotu parametru Q_i (tj. 5 % a 20 % rozsahu stupnice).

	Kvalita záření:	Kvalita záření:
K_1		
K_2		
Q_1		
Q_2		
Vyhovuje / nevyhovuje		

vyhovuje/nevyhovuje

22. Efekt zapnutí

tolerance : 2% dávky

chyba způsobená koncovými efekty: % dávky

způsob stanovení této chyby:

vyhovuje/nevyhovuje

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 pro konvenční ozařovače	1
planparalelní pro nízkoenergetické rentgenové ozařovače	1
Kontrolní zdroj (Sr + Y) pro substandardní dozimetr	1
Rutinní dozimetr	1
Ionizační komora pro rutinní dozimetr	1
Kontrolní zdroj pro rutinní dozimetr	1
Detektor s velkou rozlišovací schopností (např. ionizační komora s vnitřním průměrem menším než 5 mm, polovodič, diamant)	1
Vodní fantom pro konvenční rentgenové ozařovače	1
Speciální fantom pro nízkoenergetické ozařovače	1
Sada hliníkových a měděných filtrů (čistota 99.9%)	
Kolimátory pro měření polotloušťky	
Verifikační filmy	
Densitometr	1
Stopky	1
Teploměr	1
Tlakoměr	1
Přesné délkové měřidlo (do 1 m)	1
Posuvné měřítko	1
Vodováha	1
Olovnice	1
Úhломěr	1
Ověřený přístroj pro monitorování prostředí	1
Stojany, držáky a podobná zařízení	
Prodlužovací kabely k detektorům v dostatečném počtu	
Verifikační filmy	

*) platná kalibrace v Státním metrologickém středisku

**) specifikace komor je uvedena v Doporučení SROBF: Stanovení absorbované dávky v referenčním bodě

PŘÍLOHA III

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)

Clona /Diaphragm/

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

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

Dávkový příkon /Absorbed dose rate/

Podíl přírůstku dávky dD v časovém intervalu dt a tohoto intervalu.

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

(ČSN IEC 788, rm-13-09)

Faktor velikosti pole /Output factor/

Je dán poměrem

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

kde $D_{a,b}$ je dávkový příkon pro pole a cm x b cm a $D_{ref,ref}$ je dávkový příkon pro referenční pole (obvykle 10cm x 10cm pro konvenční rtg. záření a 3cm x 3cm pro nízkoenergetické rtg. záření).

Filtr /Filter/

Souhrn absorbujících materiálů určených pro zeslabení rentgenového záření a změnu jeho spektrálního složení.

(ČSN IEC 788, rm-35-01)

Filtrace /Filtration/

Zeslabení především dlouhovlnných složek záření způsobené interakcí ve vrstvě zeslabujícího filtru

(ČSN IEC 788, rm-12-11)

Filtrace celková /Total filtration/

Součet vlastní filtrace a přídavné filtrace.

(ČSN IEC 788, rm-13-48)

Filtrace přídatná /Additional filtration/

Filtrace způsobená odnímatelnými nebo vyměnitelnými přídatnými filtry
(ČSN IEC 788, rm-13-47)

Filtrace vlastní /Inherent filtration/

Filtrace daná neodstranitelnými materiály, jimiž prochází svazek záření, než vystoupí ze zářiče nebo jeho součástí.
(ČSN IEC 788, rm-13-46)

Geometrická osa kolimátoru

Osa objemu vymezeného vnitřními hranami lamel kolimátoru.

Hlavní polohy ozařovače

- 1) základní poloha – svazek kolmo k zemi
- 2) obě horizontální polohy svazku dosažené rotací ramene kolem osy 1 nebo rotací hlavice kolem osy 3

Hlubková 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 /

Poměr maximální absorbované dávky k minimální absorbované dávce v homogenizované oblasti radiačního pole v referenční hloubce.

Homogenizovaná oblast /Flattened area/

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

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

Jmenovité napětí rentgenky /Nominal X-ray tube voltage/

Nejvyšší dovolené napětí rentgenky pro specifické podmínky.
(ČSN IEC 788, rm-36-03)

Klidový stav ozařovače /Beam OFF/

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

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 (kolimační zařízení) /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.

Kryt rentgenky /X-ray tube housing/

Pouzdro na rentgenku poskytující ochranu před úrazem elektrickým proudem a rentgenovým zářením.

(ČSN IEC 788, rm-22-02)

Kvalita záření (jakost záření) /Radiation quality/

Pro terapeutické rentgeny je dána napětím na rentgence, filtrací a první polotloušťkou. Kalibrační faktory, opravné, konverzní a backscatter faktory jsou závislé na první polotloušťce v hliníku nebo mědi.

(ČSN IEC 788, rm-13-28)

Napětí rentgenky /X-ray tube voltage/

Napětí anodového obvodu rentgenky (uvádí se vrcholová hodnota v kV).

(ČSN IEC 788, rm-36-02)

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)

Monitorovací jednotka dávky /Dose monitor unit/

V systému monitorování dávky dohodnutá jednotka, v níž se udává veličina a ze které lze vypočítat absorbovanou dávku.

(ČSN IEC 788, rm-13-26)

Ohnisko /Focal spot/

Část povrchu terčíku rentgenky, na níž se především brzdí svazek elektronů a na níž vzniká rentgenové záření.

(ČSN IEC 788, rm-20-13)

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.

(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)

Polotloušťka /Half –value layer/

Tloušťka vrstvy určitého materiálu, která zeslabí svazek záření tak, že kermový příkon ve vzduchu je zmenšen na polovinu původní hodnoty. Předpokládá se, že je vyloučen příspěvek rozptýleného záření, kromě záření, které mohlo být původně přítomno (geometrie úzkého svazku).

(ČSN IEC 788, rm-13-42)

Polotloušťka první

Polotloušťka stanovená při celkové filtraci zářiče, aniž by svazek prošel jakoukoli další zeslabovací vrstvou.

Polotloušťka druhá

Polotloušťka stanovená při filtraci zářiče zvýšené o hodnotu první polotloušťky.

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)

Proud rentgenky /X-ray tube current/

Elektrický proud svazku elektronů dopadajícího na terč rentgenky.

(ČSN IEC 788, rm-36-07)

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.

Rentgenka /X-ray tube/

Elektronka s vysokým stupněm vakua, určená pro získávání rentgenového záření bombardováním terčiku tokem elektronů urychlených rozdílem potenciálů mezi anodou a katodou.

(ČSN IEC 788, rm-22-03)

Rentgenový ozařovač (přístroj, zařízení) /X-ray equipment/

Zařízení sestávající z rentgenové soupravy, přidružených zařízení a příslušenství.

(ČSN IEC 788, rm-20-20)

Rentgenová souprava (generátor) /X-ray generator/

Kombinace všech prvků pro generování a řízení rentgenového záření, obsahující alespoň vysokonapěťový zdroj propojený se sestavou zdroje rentgenového záření.

(ČSN IEC 788, rm-20-17)

Rentgenový zářič /X-ray tube assembly/

Rentgenka instalovaná v krytu rentgenky.

(Odpovídá hlavici ozařovače u radionuklidových ozařovačů a u urychlovačů.)

(ČSN IEC 788, rm-22-01)

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)

Sestava zdroje záření X /X- ray source assembly/

Sestava prvků obsahující: rentgenový zářič a zařízení pro vymezení svazku.

(ČSN IEC 788, rm-20-05+)

SSD /Source - Surface Distance/

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

(BJR Supplement 25)

Standardní ozařovací vzdálenost (normální ozařovací vzdálenost) /Normal treatment distance - NTD/

Stanovená vzdálenost měřená podél osy svazku záření od zdroje záření (ohniska) ke vstupnímu povrchu.

(ČSN IEC 976, A2.55)

Stupeň homogenity

Poměr první a druhé polotloušťky.

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)

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.

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 přijímacích 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, 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).

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.

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)

Vzdálenost ohnisko - kůže (OK) /Focal spot to skin distance/

Vzdálenost ve směru centrálního paprsku od referenční roviny ohniska ke kůži pacienta.

(ČSN IEC 788, rm-37-12)

Základní poloha ozařovače

Svazek kolmo k zemi. Jednotlivé stupnice ukazují nulovou hodnotu.

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.

BIR (BRITISH INSTITUTE OF RADIOLOGY): Central Axis Depth Dose Data for Use in Radiotherapy, Brit. J. Radiol. Suppl. 17, 1983.

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

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

ČSN 40 4400 Referenční zdroje a svazky záření X a gama pro energetickou kalibraci dozimetrických přístrojů

ČSN EN 60601-1-1 (36 4800): Zdravotnické elektrické přístroje - Část 1: Všeobecné požadavky na bezpečnost. 1. skupinová norma: Požadavky na bezpečnost zdravotnických elektrických systémů. (EN 60 601-1-1, 1996).

ČSN EN 60601-2-8/A1 (36 4800): Zdravotnické elektrické přístroje - Část 2: Zvláštní požadavky na bezpečnost terapeutických rentgenových přístrojů pracujících v rozsahu 10 kV až 1 MV. (EN 60601-2-8/A1, 1997).

ČSN EN 61217 (36 4766): Přístroje pro radioterapii - Souřadnice, pohyby a stupnice. (EN 61217, 1996).

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

ČSN IEC 976 (36 4767): Zdravotnické elektrické přístroje. Lékařské urychlovače elektronů - Funkční charakteristiky. (IEC 976, 1989).

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

Empfehlungen der Schweizerischen Gesellschaft fuer Strahlenbiologie und medizinische Physik Nr 1: Physikalische und dosimetrische Kontrollen in der perkutanen Strahlentherapie, 1982

Empfehlungen der Schweizerischen Gesellschaft fuer Strahlenbiologie und medizinische Physik Nr 6: Physikalische und dosimetrische Kontrollen der dermatologischen Röntgentherapiegeräte in Arztpraxen und in kleinen Spitälern, 1990

IAEA (International Atomic Energy Agency): Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams. An International Code of Practice. IAEA Tech. Re. No 277, IAEA Pub. Vienna 1997

Revision of ISO 4037, ISO/TC85/SC2/GT2: Characteristic of the Radiations and their Methods of Production

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.

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

SÚJB (STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST): Doporučení SÚJB - Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii v České republice - Radionuklidové ozařovače . 1998.

SÚJB (STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST): Doporučení SÚJB - Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii v České republice – Urychlovače elektronů . 1998.

SÚJB (STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST): Doporučení SÚJB - Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii v České republice - Uzavřené radionuklidové zářiče v brachyterapii. 1998.

SÚJB (STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST): Doporučení SÚJB - Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii v České republice – Radiologické události. 1999.

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.

WILLIAMS J.R., THWAITES D.I.: Radiotherapy Physics in Practice. Oxford University Press, 1993.

**ČLENOVÉ EXPERTNÍ SKUPINY PRO RADIOTERAPII
PŘI STÁTNÍM ÚSTAVU RADIAČNÍ OCHRANY PRAHA**

podílející se na tvorbě bezpečnostních návodů Státního úřadu pro jadernou bezpečnost

RNDr. Petr Berkovský, Státní ústav radiační ochrany, Šrobárova 48, 100 00 Praha 10

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, RT oddělení FN Motol, V úvalu 84, 150 00 Praha 5

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, Státní ústav radiační ochrany, Šrobárova 48, 100 00 Praha 10

Ing. Helena Žáčková, Státní ústav radiační ochrany, Šrobárova 48, 100 00 Praha 10