

Doporučení – Rentgenové ozařovače

Aktualizace 2023

Obsah

Předmluva	4
1. Úvod	5
2. Zkratky a terminologie	6
3. Přehled kontrolovaných parametrů	8
4. Popis kontrolovaných parametrů pro rentgenové ozařovače	10
4.1. Bezpečnostní, výstražné a indikační systémy	10
4.1.1. Signalizace u vstupních dveří do ozařovny	10
4.1.2. Signalizace operačního stavu přístroje	10
4.1.3. Indikace provozních hodnot	10
4.1.4. Čidla teploty a tlaku ovlivňující odezvu monitorovací komory	10
4.1.5. Vstupní dveře do ozařovny	10
4.1.6. Nouzové vypínače	11
4.1.7. Zajištění před samovolným zapnutím	11
4.1.8. Chlazení rentgenky	11
4.1.9. Antikolizní systémy	11
4.1.10. Ochranné pomůcky	11
4.1.11. Neporušenost a indikace filtrů	12
4.1.12. Neporušenost a indikace tubusů	12
4.1.13. Aretace pohybů a tubusů	12
4.1.14. Ostatní příslušenství	12
4.1.15. Volba filtru	12
4.1.16. Volba tubusu	12
4.1.17. Volba aplikované dávky	13
4.1.18. Systém aplikace dávky (ozařovací čas nebo MU)	13
4.1.19. Sekundární monitor (ozařovací čas nebo MU)	13
4.1.20. Systém sledování pacienta (zvuk, obraz)	13
4.2. Mechanické parametry	14
4.3. Charakteristiky radiačního pole	14
4.3.1. Shoda velikosti radiačního pole s údajem tubusu	14
4.3.2. Shoda osy tubusu a osy svazku záření	14
4.3.3. Homogenita radiačního pole	14
4.3.4. Symetrie radiačního pole	15
4.3.5. Polostín radiačního pole	15

4.3.6.	Záření pronikající kolimačním systémem/tubusem	15
4.3.7.	Záření pronikající krytem rentgenky	16
4.3.8.	Záření z jiných částí než z krytu rentgenky.....	17
4.4.	Dozimetrické charakteristiky.....	17
4.4.1.	Absorbovaná dávka v referenčním bodě	17
4.4.2.	Polotloušťka a stupeň homogenity	17
4.4.3.	Faktory velikosti pole	18
4.4.4.	Hloubkové dávky	18
4.5.	Systém monitorování dávky.....	19
4.5.1.	Stabilita systému monitorování dávky	19
4.5.2.	Reprodukovatelnost systému monitorování dávky	19
4.5.3.	Linearita systému monitorování dávky	19
4.5.4.	Časovač.....	20
4.5.5.	Efekt zapnutí	20
4.6.	Ozařovací tabulky nebo TPS.....	20
4.6.1.	Vypracování ozařovacích tabulek nebo vložení dat do TPS	20
4.6.2.	Kontrola ozařovacích tabulek nebo TPS.....	21
Literatura		22
Autoři.....		23

Předmluva

1. Úvod

Doporučení SÚJB pro rentgenové ozařovače slouží jako souhrnný dokument vztahující se k rentgenovým ozařovačům používaným v České republice převážně pro nenádorovou radioterapii. Parametry, které je doporučeno ověřovat v rámci zabezpečování jakosti přístroje, jsou uvedeny pro rentgenové ozařovače vybavené tubusy. Jako příslušenství se předpokládají ozařovací tabulky, příp. software TPS.

Toto doporučení vychází z Doporučení SÚJB Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – Rentgenové ozařovače, 2000, a oprav z let 2003, 2012, 2018 [1] a nahrazuje je. Dále vychází z norem ČSN EN 60601-2-8 ed. 2 + Změna 1 + Oprava 1 [5-7] a ČSN EN 60976 – Zdravotnické elektrické přístroje – Lékařské urychlovače elektronů – Funkční charakteristiky [8] a ze zkušeností z klinické praxe a nezávislých prověrek terapeutických rentgenů.

V doporučení je uveden přehled kontrolovaných parametrů včetně toho, které parametry se kontrolují při přijímací zkoušce, které při zkoušce dlouhodobé stability a které při zkoušce provozní stálosti, (včetně doporučené frekvence). Osoba, která provádí přijímací zkoušku, musí přizpůsobit její rozsah konkrétnímu účelu použití a specifickým vlastnostem rentgenového ozařovače. Navrhuje také konkrétní rozsah zkoušky dlouhodobé stability a zkoušky provozní stálosti daného ozařovače. Mimo pravidelné kontroly je nutno po každém zásahu do systému (oprava, výměna, mechanická nehoda apod.) zkontrolovat všechny parametry, které mohly být tímto zásahem ovlivněny. Pokud jsou na pracovišti přijímací zkoušky a zkoušky dlouhodobé stability prováděny třetí osobou, má být u zkoušek účasten i radiologický fyzik daného pracoviště.

Dále je v doporučení uveden popis kontrolovaných parametrů: cíl kontroly, popis kontrolovaného parametru, způsob kontroly, tolerance a frekvence. Pro hodnocení výsledků kontrol je zde uváděna „tolerance“. U některých parametrů se provádí pouze kontrola funkčnosti.

Pro některé svazky, zejména pro malé tubusy určené pro kontaktní 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 pak může být zatíženo 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.

Oproti předchozímu doporučení toto doporučení neobsahuje požadavky na vlastnosti rentgenových ozařovačů, návrh metodik ani návrh protokolů.

2. Zkratky a terminologie

Zkratky

Následující zkratky jsou použity v tabulce v kapitole 3 a v kapitolách pro jednotlivé ověřované parametry v kapitole 4. Tabulka v kapitole 3 slouží pro přehlednost, detailní specifikace kontrolovaných parametrů jsou uvedeny v příslušných podkapitolách kapitoly 4 Popis kontrolovaných parametrů pro rentgenové ozařovače.

PZ	Přejímací zkouška
ZDS	Zkouška dlouhodobé stability
ZPS	Zkoušky provozní stálosti
D	Kontrola se provádí denně
T	Kontrola se provádí jednou za týden
M	Kontrola se provádí jednou za měsíc
C	Kontrola se provádí jednou za tři měsíce
R	Kontrola se provádí jednou za rok
F	Kontroly funkčnosti
Ref.	Stanoví se referenční hodnota
MU	Monitorovací jednotka

Terminologie

Hlavní osy pole	Longitudinální a laterální osa pole procházející středem protilehlých stran pole v základní poloze ozařovače. Je nutná jednoznačná identifikace os a polohy tubusů s ohledem na upevnění do primárního kolimačního systému.
Hloubkové dávky	Relativní hloubkové dávkové křivky na ose svazku záření.
Homogenizovaná oblast	Oblast radiačního pole definovaná např. normou [8]. Je nutné jednoznačně popsat homogenizovanou oblast.
Jmenovité napětí rentgenky	Nejvyšší dovolené napětí rentgenky pro specifické podmínky /Nominal X-ray tube voltage/.
Kvalita záření	Pro terapeutické rentgeny je dána napětím na rentgence, filtrací a první polotloušťkou. Kalibrační koeficienty a opravné faktory jsou závislé na první polotloušťce v hliníku nebo mědi.
Rentgenové svazky středních energií	(dříve Konvenční rentgenové svazky) Rentgenové svazky s napětím nad 100 kV (používané pro polohloubkovou a hloubkovou terapii).
Rentgenové svazky nízkých energií	Rentgenové svazky s napětím do 100 kV (používané pro povrchovou/kontaktní terapii).
Napětí rentgenky	Napětí anodového obvodu rentgenky (uvádí se vrcholová hodnota v kV).
Referenční hloubka	Referenční hloubka pro daný typ záření dle TRS 398 [2].
Referenční hodnota	Hodnota stanovená při přejímací zkoušce nebo při výchozí zkoušce dlouhodobé stability nebo hodnota zadaná do ozařovacích tabulek (plánovacího systému, TPS).

Standardní ozařovací vzdálenost	Stanovená vzdálenost měřená podél osy svazku záření od zdroje záření (ohniska) ke vstupnímu povrchu /Normal treatment distance, NTD; Focus skin distance, FSD/.
Svazek záření	Prostor vymezený prostorovým úhlem a obsahující tok ionizujícího záření vycházejícího ze zdroje záření, považovaného za bodový zdroj.
Tubus (aplikátor)	Zařízení pro vymezení svazku.
Základní poloha ozařovače	Svazek záření kolmo k zemi, všechny rotační stupnice v 0° a identifikovatelná poloha posuvných stupnic.

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 nepřijímatelná 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, nebo rozdíl naměřené a nominální hodnoty (např. shoda radiačního pole s údajem tubusu).
- 2) jako hodnota v %, s níž se porovnává odchylka naměřené (stanovené) 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 (např. absorbovaná dávka v referenčním bodě).
- 3) jako bezrozměrné číslo, se kterým se porovnává stanovený poměr naměřených hodnot (např. poměr korekcí na tlak a teplotu).

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 explicitně uvedeno.

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.

3. Přehled kontrolovaných parametrů

Kontrolovaný parametr		ZPS		ZDS	PZ	Kapitola
		Frekvence	Tolerance	Tolerance	Tolerance	
Bezpečnostní, výstražné a indikační systémy	Signalizace u vstupních dveří do ozařovny	D	F	F	F	4.1.1
	Signalizace operačního stavu přístroje	D	F	F	F	4.1.2
	Indikace provozních hodnot	D	F	F	F	4.1.3
	Čidla teploty a tlaku ovlivňující odezvu monitorovací komory	C	10 hPa 5 °C 0,97-1,03	10 hPa 5 °C 0,97-1,03	Ref.	4.1.4
	Vstupní dveře do ozařovny	T	F	F	F	4.1.5
	Nouzové vypínače	1)	F	F	F	4.1.6
	Zajištění před samovolným zapnutím	M	F	F	F	4.1.7
	Chlazení rentgenky	1)	F	F	F	4.1.8
	Antikolizní systémy	D	F	F	F	4.1.9
	Ochranné pomůcky	T				4.1.10
	Neporušenost a indikace filtrů	T	F	F	F	4.1.11
	Neporušenost a indikace tubusů	T	F	F	F	4.1.12
	Aretace pohybů a tubusů	T	F	F	F	4.1.13
	Ostatní příslušenství	M	F	F	F	4.1.14
	Volba filtru	T	F	F	F	4.1.15
	Volba tubusu	T	F	F	F	4.1.16
	Volba aplikované dávky	M	F	F	F	4.1.17
	Systém aplikace dávky (ozařovací čas nebo MU)	M	F	F	F	4.1.18
	Sekundární monitor (ozařovací čas nebo MU)	M	F	F	F	4.1.19
	Systém sledování pacienta	D	F	F	F	4.1.20
Mechanické parametry	Dle vybavení rentgenového ozařovače					4.2

Charakteristiky radiačního pole	Shoda velikosti radiačního pole s údajem tubusu	R	4 mm	4 mm	4 mm	4.3.1
	Shoda osy tubusu a osy svazku záření	R	2 mm	2 mm	2 mm	4.3.2
	Homogenita radiačního pole			2 %	Ref.	4.3.3
	Symetrie radiačního pole			2 %	Ref.	4.3.4
	Polostín radiačního pole			2 mm	Ref.	4.3.5
	Záření pronikající kolimačním systémem			0,5 % ²⁾ 2,0 %	0,5 % 2,0 %	4.3.6
	Záření pronikající krytem rentgenky			viz [5] ²⁾	viz [5]	4.3.7
	Záření z jiných částí než z krytu rentgenky			0,02 mGy/h ²⁾	0,02 mGy/h	4.3.8
Dozimetrické charakteristiky	Absorbovaná dávka v referenčním bodě	R	5 %	5 %	Ref.	4.4.1
	Polotlouška a stupeň homogenity	R	10 % 20 % 3 %	10 % 20 % 3 %	Ref.	4.4.2
	Faktory velikosti pole	R	5 %	5 %	Ref.	4.4.3
	Hloubkové dávky			3 % (5 %)	Ref.	4.4.4
Systém monitorování dávky	Stabilita systému monitorování dávky	M	5 %			4.5.1
	Reprodukovatelnost systému monitorování dávky	R	3 % 5 %	3 % 5 %	3 % 5 %	4.5.2
	Linearita systému monitorování dávky	R	5 %	5 %	5 %	4.5.3
	Časovač	T	2 %	2 %	0,5 %	4.5.4
	Efekt zapnutí			2 %	2 %	4.5.5
Ozařovací tabulky nebo TPS	Vypracování ozařovacích tabulek nebo vložení dat do TPS					4.6.1
	Kontrola ozařovacích tabulek nebo TPS	R ³⁾	5 %	ano		4.6.2

Poznámky:

- ¹⁾ Intervaly kontrol a metodický postup kontrol se provádí v souladu s požadavky uvedenými v technické dokumentaci výrobce a doporučením servisní organizace s ohledem na možnost poškození zařízení.
- ²⁾ Při ZDS se provádí jen v odůvodněných případech (po opravě, která by mohla ovlivnit stínící vlastnosti).
- ³⁾ Provádí se také (zejména) při počátečním ověření ozařovacích tabulek.

4. Popis kontrolovaných parametrů pro rentgenové ozařovače

4.1. Bezpečnostní, výstražné a indikační systémy

4.1.1. Signalizace u vstupních dveří do ozařovny

Cíl kontroly: Ověřit, že výstražná indikace nad dveřmi do ozařovny indikuje odpovídajícím způsobem.

Popis kontrolovaného parametru: Signalizace u vstupních dveří do ozařovny.

Způsob kontroly: Vizually.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS - D

4.1.2. Signalizace operačního stavu přístroje

Cíl kontroly: Ověřit funkčnost signalizačního zařízení rentgenového ozařovače.

Popis kontrolovaného parametru: Signalizace operačního stavu přístroje, a to jak v ovládací panelu (na ovládacím panelu, akustická signalizace), tak v ozařovně (indikace zapojení obvodu vysokého napětí přímo na krytu rentgenky nebo v jeho těsné blízkosti).

Způsob kontroly: Vizually, sluchem.

Tolerance: Signalizace stavu rentgenového ozařovače musí být funkční dle provozní dokumentace.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS - D

4.1.3. Indikace provozních hodnot

Cíl kontroly: Ověřit indikaci provozních parametrů rentgenového ozařovače.

Popis kontrolovaného parametru: Provozní parametry dle dokumentace (napětí, proud rentgenky, filtr, počet MU nebo ozařovací čas, teplota vnitřního chladicího okruhu) na ovládacím panelu.

Způsob kontroly: Vizually.

Tolerance: Provozní parametry rentgenového ozařovače musí být v souladu s provozní dokumentací.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – D

4.1.4. Čidla teploty a tlaku ovlivňující odezvu monitorovací komory

Cíl kontroly: Ověřit stav čidel teploty a tlaku ovlivňujících odezvu monitorovací komory. Provádí se pro systémy, kdy je aplikovaná dávka řízena monitorovací komorou nebo kdy monitorovací komora slouží pro monitorování výstupu rentgenového ozařovače a zachycení jeho možné počínající anomálie.

Popis kontrolovaného parametru: Kontroluje se teplota chladicí kapaliny před příívodem sekundární vody na displeji chladiče, teplota čidla v blízkosti monitorovací komory a tlak.

Způsob kontroly: Měřením. Při PZ se stanoví referenční poměr korekce na tlak a teplotu ($k_{t,p}$) z hodnot indikovaných na přístroji a z hodnot změřených. Při následných zkouškách (ZDS, ZPS) se stanoví aktuální poměr a porovnává se s referenční hodnotou poměru.

Tolerance:

Rozdíl v tlaku: 10 hPa

Rozdíl v teplotě: 5 °C

Poměr $k_{t,p}$: 0,97-1,03

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – čtvrtletně

4.1.5. Vstupní dveře do ozařovny

Cíl kontroly: Ověřit, že otevřením dveří do ozařovny při spuštěném svazku záření dojde k vypnutí záření a že po zavření dveří nedojde k samovolnému spuštění záření; a že při otevřených dveřích do ozařovny nelze spustit záření.

Popis kontrolovaného parametru: Blokování svazku záření při otevřených dveřích do ozařovny.

Způsob kontroly: Simulací chybového stavu.

Tolerance: Záření nesmí být možné spustit při otevřených dveřích do ozařovny a otevřením dveří do ozařovny se záření přerušuje.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS - T

4.1.6. *Nouzové vypínače*

Cíl kontroly: Ověřit funkčnost tlačítek „STOP“ a „EMERGENCY“.

Popis kontrolovaného parametru: Provádí se

- a) pro „STOP“ tlačítko (beam off) umístěné na ovládacím panelu rentgenového ozařovače a
- b) pro „EMERGENCY“ tlačítka.

Způsob kontroly: Aktivací jednotlivých systémů se kontroluje přerušení záření. Intervaly kontrol a metodický postup kontrol se provádí v souladu s požadavky uvedenými v technické dokumentaci výrobce a servisní organizace s ohledem na možnost poškození zařízení. Je doporučeno provádět při výrobcem stanovených nastavených minimálních provozních parametrech.

Tolerance: Nouzové vypínače musí po jejich aktivaci přerušit ozařování.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – v souladu s technickou dokumentací.

4.1.7. *Zajištění před samovolným zapnutím*

Cíl kontroly: Ověřit, že při vysazení napájecí sítě je vyloučeno samovolné spuštění ozařovače po obnově napájení.

Popis kontrolovaného parametru: Samovolné zapnutí.

Způsob kontroly: Zapne se vysoké napětí, hlavní síťový přívod se vypne a znovu zapne. Vysoké napětí musí zůstat vypnuté.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – M

4.1.8. *Chlazení rentgenky*

Cíl kontroly: Ověřit, zda při selhání chlazení rentgenky dojde k signalizaci chybového hlášení, je znemožněno ozařování a je provedeno odpojení obvodu vysokého napětí a zda při opětovném spuštění chlazení nedojde k samovolnému zapnutí obvodu vysokého napětí a spuštění ozáření.

Popis kontrolovaného parametru: Kontroluje se průtokové čidlo a teplotní čidlo chladicího okruhu primárního i sekundárního (voda/voda; olej/voda, voda/vzduch).

Způsob kontroly: Odstaví se chlazení. Zkontroluje se, zda nelze pokračovat v nastavení dalších parametrů a zda nelze spustit záření. Obnoví se systém chlazení a sleduje se, zda vysoké napětí zůstalo vypnuté.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – v souladu s technickou dokumentací (nutné schválení výrobcem nebo dodavatelem).

4.1.9. *Antikolizní systémy*

Cíl kontroly: Ověřit funkčnost antikolizních systémů, pokud je jimi rentgenový ozařovač vybaven.

Popis kontrolovaného parametru: Zastavení všech pohybů při aktivaci antikolizního systému a vydání akustického signálu.

Způsob kontroly: Simulací kolize.

Tolerance: Všechny antikolizní systémy musí být funkční, při kolizi musí být vydán akustický signál a musí být možné je po aktivaci odblokovat.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – D

4.1.10. *Ochranné pomůcky*

Cíl kontroly: Ověřit neporušenost ochranných pomůcek.

Popis kontrolovaného parametru: Mechanická neporušenost ochranných pomůcek (zástěry, límce atd.) a jejich označení ekvivalentem zeslabení.

Způsob kontroly: Vizuálně.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: ZPS – T

4.1.11. Neporušenost a indikace filtrů

Cíl kontroly: Ověřit mechanickou neporušenost a jednoznačnou identifikaci výměnných filtrů a jejich indikaci na ovládacím panelu.

Popis kontrolovaného parametru: Neporušenost, identifikace a indikace filtrů.

Způsob kontroly: Vizuálně. Zkontroluje se čitelnost označení i v pracovní poloze. Zkontroluje se, že po celou dobu záření je na ovládacím panelu jednoznačně indikován zvolený filtr.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – T

4.1.12. Neporušenost a indikace tubusů

Cíl kontroly: Ověřit mechanickou neporušenost a jednoznačnou identifikaci tubusů a jejich indikaci na ovládacím panelu.

Popis kontrolovaného parametru: Mechanická neporušenost, identifikace a indikace tubusů.

Způsob kontroly: Vizuálně. Zkontroluje se čitelnost označení i v pracovní poloze. Zkontroluje se, že po celou dobu záření je na ovládacím panelu jednoznačně indikován zvolený tubus.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – T

4.1.13. Aretace pohybů a tubusů

Cíl kontroly: Zkontrolovat možnost zajištění polohy rentgenového ozařovače a ozařovacího stolu vzhledem ke všem jejich pohybům a pro případ výpadku proudu/napájení systému pro váhově nejmenší a největší tubus. Ověřit funkčnost stability polohy tubusů po aretaci.

Popis kontrolovaného parametru: Aretace pohybů.

Způsob kontroly: Ověřením aretací i v případě výpadku napájení systému.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – T

4.1.14. Ostatní příslušenství

Cíl kontroly: Zkontrolovat kabely, přívody chladicího média, neporušenost krytů, poslechově transformátor vysokého napětí a spínač obvodu vysokého napětí (neobvyklé zvuky), funkčnost ventilátorů na generátoru vysokého napětí a chladiči.

Popis kontrolovaného parametru: Příslušenství k rentgenovému ozařovači.

Způsob kontroly: Vizuálně.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – M

4.1.15. Volba filtru

Cíl kontroly: Zkontrolovat 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.

Popis kontrolovaného parametru: Volba filtru a povolené klinické kombinace v součinnosti s testem Volba tubusu. Indikace chybového hlášení.

Způsob kontroly: Kontroluje se blokování záření pro uvedené případy.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – T

4.1.16. Volba tubusu

Cíl kontroly: Zkontrolovat, že systém 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. Kontrola klinicky povolené a zakázané kombinace s volbou filtru.

Popis kontrolovaného parametru: Volba tubusu a povolené klinické kombinace v součinnosti s testem Volba filtru. Indikace chybového hlášení.

Způsob kontroly: Kontroluje se blokování záření pro uvedené případy.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – T

4.1.17. Volba aplikované dávky

Cíl kontroly: Zkontrolovat, že systém neumožní spustit záření, pokud není zvolena a potvrzena aplikovaná dávka. A že po aplikování dávky nelze opětovně spustit další záření bez vynulování a opětovného zadání a potvrzení aplikované dávky.

Popis kontrolovaného parametru: Volba aplikované dávky.

Způsob kontroly: Kontroluje se blokování záření pro uvedené případy.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – M

4.1.18. Systém aplikace dávky (ozařovací čas nebo MU)

Cíl kontroly: Zkontrolovat systém aplikace dávky (řídící časovač nebo systém monitorování dávky).

Popis kontrolovaného parametru: Okamžitá hodnota parametru (ozařovací čas nebo monitorovací jednotky) a jeho předvolená hodnota musí být stále zobrazena na ovládacím panelu, parametry jsou uchovány po přerušení ozařování a po ukončení ozařování, dokud nejsou vynulovány obsluhou. A v případě výpadku napájení po dobu minimálně 20 minut. Systém aplikace dávky (primární monitor) musí ukončit záření dle předvolby.

Způsob kontroly: Kontroluje se zobrazení a uchování parametrů dle požadavků a okamžité ukončení záření po uběhnutí předvoleného času/počtu monitorovacích jednotek.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – M

4.1.19. Sekundární monitor (ozařovací čas nebo MU)

Cíl kontroly: Zkontrolovat funkčnost záložního časovače (backup-timer) nebo sekundárního monitoru dávky.

Popis kontrolovaného parametru: Při zablokovaném primárním monitoru dávky musí sekundární monitor dávky ukončit ozařování po překročení předvoleného času nebo počtu MU buďto o nejvýše 10%, pokud se používá procentuální mez, nebo o nejvýše 0,1 min (nebo ekvivalent 0,1 Gy absorbované dávky v NTD) pokud se používá pevná mez. V případě redundantní kombinace obou systémů aplikace dávky musí oba systémy ukončit ozařování po dosažení předvoleného času nebo počtu monitorovacích jednotek.

Způsob kontroly: Nastaví se ozařovací čas nebo MU a zablokuje se funkce primárního monitoru dávky. Způsob blokování primárního monitoru je obvykle uveden v dokumentaci. Kontroluje se správná funkce sekundárního monitoru.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – M

4.1.20. Systém sledování pacienta (zvuk, obraz)

Cíl kontroly: Ověřit, zda je možno pacienta během ozařování nepřetržitě sledovat jak vizuálně, tak akusticky.

Popis kontrolovaného parametru: U akustického řetězce musí být umožněna oboustranná komunikace mezi ozařovnou a ovládnou.

Způsob kontroly: Vizually a akusticky.

Tolerance: Funkčnost.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – D

4.2. Mechanické parametry

V závislosti na vybavení rentgenového ozařovače (tubusy, kolimační systém, světelné pole, světelná osa, stupnice) se provádějí testy mechanických parametrů obdobně jako u lineárních urychlovačů. Provádí se např. následující testy:

- Nulová poloha
- Přesnost stupnic
- Délka tubusů (správnost vyznačení nominální vzdálenosti od ohniska ke konci tubusu)
- Rozměr tubusů (správnost vyznačení nominálního rozměru distálního konce tubusu)
- Souhlas mezi geometrickou osou kolimátoru/tubusu, osou rotace kolimátoru/tubusu a světelnou osou
- Rovnoběžnost, kolmost a přesnost polohování kolimačního systému/tubusů
- Shoda velikosti světelného pole s indikovaným údajem

4.3. Charakteristiky radiačního pole

4.3.1. Shoda velikosti radiačního pole s údajem tubusu

Cíl kontroly: Ověřit shodu velikosti radiačního pole a indikovaného údaje (tubusu nebo stupnice).

Popis kontrolovaného parametru: 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. Kontrola se provádí pro jednu kombinaci napětí a filtrace pro všechny tubusy (příp. pro jedno pole střední velikosti, např. 10x10 cm², pro jedno malé pole a pro maximální rozevření clon) a pro jeden tubus pro všechny používané kombinace napětí a filtrace.

Při ZDS a ZPS je postačující ověření u používaných tubusů pouze pro jednu kombinaci napětí a filtrace.

Způsob kontroly: Shoda velikosti radiačního pole s údajem tubusu resp. stupnice se kontroluje měřením profilů na hlavních osách ve vodním fantomu (přepočtem velikosti pole z referenční hloubky k povrchu) nebo snímkem na film umístěný na povrchu fantomu. Při ZPS a ZDS je možné měřit profily 2D detektorem, pokud je toto měření navázáno na měření ve vodním fantomu. Vyhodnocuje se rozdíl mezi velikostí radiačního pole a údajem tubusu resp. stupnice.

Tolerance: 4 mm

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – R

4.3.2. Shoda osy tubusu a osy svazku záření

Cíl kontroly: Ověřit shodu osy tubusu a osy svazku záření.

Popis kontrolovaného parametru: Vyhodnocuje se vzdálenost středu tubusu od středu radiačního pole pro jednu kombinaci napětí a filtrace pro všechny tubusy a pro jeden tubus pro všechny používané kombinace napětí a filtrace.

Při ZDS a ZPS je postačující ověření u používaných tubusů pouze pro jednu kombinaci napětí a filtrace.

Způsob kontroly: Měřením vzdálenosti mezi průsečíkem úhlopříček čtyřúhelníka vzniklého např. obkreslením konce tubusu na film nebo středem tubusu, je-li vyznačen na tubusu, a průmětem osy svazku záření (průsečík úhlopříček radiačního pole) do roviny kolmé k ose svazku záření ve standardní ozařovací vzdálenosti. Nebo stanovením hodnoty CAX z dat změřených na hlavních osách detektorem s velkou prostorovou rozlišovací schopností nebo ve vodním fantomu.

Tolerance: 2 mm

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – R

4.3.3. Homogenita radiačního pole

Cíl kontroly: Ověřit homogenitu radiačního pole.

Popis kontrolovaného parametru: Homogenita je definována jako poměr maximální absorbované dávky k minimální absorbované dávce v homogenizované oblasti radiačního pole (způsob stanovení homogenizované oblasti musí být specifikován v metodice i v protokolu). Stanovuje se pro rentgenové svazky středních energií, pro všechny tubusy pro všechny používané kombinace napětí a filtrace, a to

na hlavních osách polí, pro základní polohu ozařovače. Při ZDS je postačující ověření u všech tubusů pouze pro jednu kombinaci napětí a filtrace.

Způsob kontroly: Homogenita se kontroluje měřením profilů na hlavních osách ve vodním fantomu (povrch fantomu je ve standardní ozařovací vzdálenosti). Při ZPS a ZDS je možné měřit profily 2D detektorem, pokud je toto měření navázáno na měření ve vodním fantomu. 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 v těchto svazcích. Projeví se to zejména při stanovení velikosti polostínu. Tuto metodu lze použít pro zkoušky provozní stálosti, pokud je navázána na měření ve vodním fantomu.

Tolerance: 2 %, přičemž s toleranční hodnotou se srovnává odchylka naměřené hodnoty homogenity od hodnoty stanovené při přijímací zkoušce, resp. při zkoušce dlouhodobé stability, při níž se stanovily nové referenční hodnoty. Hodnota homogenity radiačního pole pro referenční tubus by neměla být větší než 1,16.

Frekvence: PZ, ZDS

4.3.4. *Symetrie radiačního pole*

Cíl kontroly: Ověřit symetrii radiačního pole.

Popis kontrolovaného parametru: Symetrie je definována jako maximální poměr absorbovaných dávek v bodech ležících symetricky vzhledem k ose svazku záření v homogenizované oblasti v referenční hloubce. Stanovuje se pro rentgenové svazky středních energií, pro všechny tubusy pro všechny používané kombinace napětí a filtrace, a to na hlavních osách polí, pro základní polohu ozařovače. Při ZDS je postačující ověření u všech tubusů pouze pro jednu kombinaci napětí a filtrace.

Způsob kontroly: Symetrie radiačního pole se stanovuje z dávkových profilů na hlavních osách radiačního pole změřených v odstavci 4.3.3.

Tolerance: 2 %, přičemž s toleranční hodnotou se srovnává odchylka naměřené hodnoty symetrie od hodnoty stanovené při přijímací zkoušce, resp. při zkoušce dlouhodobé stability, při níž se stanovily nové referenční hodnoty. Hodnota symetrie radiačního pole pro referenční tubus by neměla být větší než 1,06.

Frekvence: PZ, ZDS

4.3.5. *Polostín radiačního pole*

Cíl kontroly: Ověřit polostín radiačního pole.

Popis kontrolovaného parametru: 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. Stanovuje se pro rentgenové svazky středních energií, pro všechny tubusy pro všechny používané kombinace napětí a filtrace, a to na hlavních osách polí, pro základní polohu ozařovače. Při ZDS je postačující ověření u všech tubusů pouze pro jednu kombinaci napětí a filtrace.

Způsob kontroly: Polostín radiačního pole se stanovuje z dávkových profilů na hlavních osách radiačního pole změřených v odstavci 4.3.3.

Tolerance: 2 mm, přičemž s toleranční hodnotou se srovnává odchylka naměřené hodnoty polostínu od hodnoty stanovené při přijímací zkoušce, resp. při zkoušce dlouhodobé stability, při níž se stanovily nové referenční hodnoty. Hodnota polostínu radiačního pole pro referenční tubus by neměla být větší než 10 mm.

Frekvence: PZ, ZDS

4.3.6. *Záření pronikající kolimačním systémem/tubusem*

Cíl kontroly: Ověřit, že v pracovním stavu tubus dostatečně zeslabí záření v rovině vstupu do pacienta (konce tubusu).

Popis kontrolovaného parametru: Příkon kermu ve vzduchu vně pole záření nesmí přesáhnout následující tabulkou stanovený podíl kermového příkonu v ose svazku (bez stínícího bloku) ve stejné

rovině, pro minimální a maximální velikost pole, při jmenovitém napětí rentgenky a při specifikované maximálně zeslabující filtraci.

Laterální rozměr olověného bloku	Maximální příkon kermy ve vzduchu ve všech místech vzdálených více než 20 mm od okraje olověného bloku
1,5 krát laterální rozměr radiačního pole na konci kolimátoru/tubusu	0,5 % příkonu kermy ve vzduchu na ose svazku záření ve stejné rovině jako měření, ale bez olověného bloku
1,1 krát laterální rozměr radiačního pole na konci kolimátoru/tubusu	2 % příkonu kermy ve vzduchu na ose svazku záření ve stejné rovině jako měření, ale bez olověného bloku

Způsob kontroly: Měřením. Měření se provádí s plochými olověnými bloky, nebo bloky z jiného zeslabujícího materiálu, které mají stejný tvar jako pole záření a rozměry požadované v tabulce výše. Bloky musí zajišťovat dostatečné zeslabení k omezení příkonu kermy ve vzduchu na ose svazku záření faktorem nejméně 10^4 . Z měření se stanoví střední hodnota příkonu kermy ve vzduchu v oblasti ne více než 10 cm^2 v rovině vzdáleného konce tubusu.

Tolerance: 0,5 % resp. 2 %

Frekvence: PZ, ZDS jen v odůvodněných případech (po zásahu/opravě, která by mohla ovlivnit stínící vlastnosti).

4.3.7. Záření pronikající krytem rentgenky

Cíl kontroly: Ověřit, že v pracovním stavu kryt rentgenky dostatečně zeslabí záření.

Popis kontrolovaného parametru: Kermový příkon pronikající krytem rentgenky nesmí přesáhnout hodnoty uvedené v následující tabulce.

Pracovní napětí rentgenky	Maximální přípustný příkon kermy ve vzduchu
nad 150 kV	10 mGy/h ve vzdálenosti 1 m od referenčního středu (ohniska rentgenky) a 300 mGy/h ve vzdálenosti 50 mm od povrchu rentgenového ozařovače (krytu rentgenky)
do 150 kV včetně	1 mGy/h ve vzdálenosti 1 m od referenčního středu (ohniska rentgenky)
do 70 kV včetně pro rentgenové ozařovače určené pro ovládání v blízkosti pacienta	1 mGy/h ve vzdálenosti 50 mm od povrchu rentgenového ozařovače (krytu rentgenky)

Způsob kontroly: Měřením. Příkon kermy ve vzduchu se měří při zakrytém výstupním okénku krytu rentgenky. Stínící materiál nesmí přesahovat více než 5 mm vně radiačního 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. Z měření kermového příkonu v 1 m od referenčního středu (ohniska rentgenky) musí být stanovena střední hodnota 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. Z měření kermového příkonu v 50 mm od povrchu se stanoví střední hodnota přes plochu 10 cm^2 s maximálním lineárním rozměrem 4 cm.

Tolerance: viz tabulka

Frekvence: PZ, ZDS jen v odůvodněných případech (po zásahu/opravě, která by mohla ovlivnit stínící vlastnosti).

4.3.8. *Záření z jiných částí než z krytu rentgenky*

Cíl kontroly: Ověřit, že v pracovním stavu libovolné součásti rentgenového ozařovače (kromě krytu rentgenky) dostatečně zeslabí záření.

Popis kontrolovaného parametru: Příkon kermy nesmí v žádném místě vzdáleném 50 mm od libovolné součásti rentgenového ozařovače kromě krytu rentgenky přesáhnout 0,02 mGy/h.

Způsob kontroly: Měřením. Měření se provádí s generátorem pracujícím za takových podmínek povolených v dokumentaci, které jsou nejméně příznivé pro vyhovění danému požadavku. Z měření se stanoví střední hodnota přes plochu (vstupní okénko detektoru) 10 cm² s maximálním lineárním rozměrem 4 cm.

Tolerance: 0,02 mGy/h

Frekvence: PZ, ZDS jen v odůvodněných případech (po zásahu/opravě, která by mohla ovlivnit stínící vlastnosti).

4.4. *Dozimetrické charakteristiky*

Stanovení dozimetrických charakteristik předchází kontrola stálosti dozimetrického řetězce.

4.4.1. *Absorbovaná dávka v referenčním bodě*

Cíl kontroly: Stanovit/ověřit absorbovanou dávku v bodě.

Popis kontrolovaného parametru: Absorbovaná dávka se stanovuje dle doporučení IAEA TRS 398 [2] v aktuálním znění pro každou používanou kombinaci napětí a filtrace a pro každou používanou standardní ozařovací vzdálenost (vzdálenost ohnisko - kůže). Při PZ a ZDS se stanovuje nejistota měření.

Způsob kontroly:

- Pro rentgenové svazky středních energií 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 (nebo nejbližší velikost pole), přičemž vzdálenost ohnisko – detektor je rovna standardní ozařovací vzdálenosti + referenční hloubka.
- Pro rentgenové svazky nízkých energií se dávka stanovuje měřením na povrchu vodě ekvivalentního fantomu. Měření se provádí pro pole 3 cm x 3 cm nebo průměr 3 cm (nebo nejbližší velikost pole), přičemž vzdálenost ohnisko – detektor je rovna standardní ozařovací vzdálenosti.

Při PZ a ZDS a všech případech recalibrace ozařovače se absorbovaná dávka měří stanoveným měřidlem.

Tolerance: Stanovená absorbovaná dávka se od referenční hodnoty zadané do ozařovacích tabulek nebo TPS nesmí odlišovat o více než 5 %.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS - R

4.4.2. *Polotloušťka a stupeň homogenity*

Cíl kontroly: Stanovit/ověřit polotloušťku a stupeň homogenity.

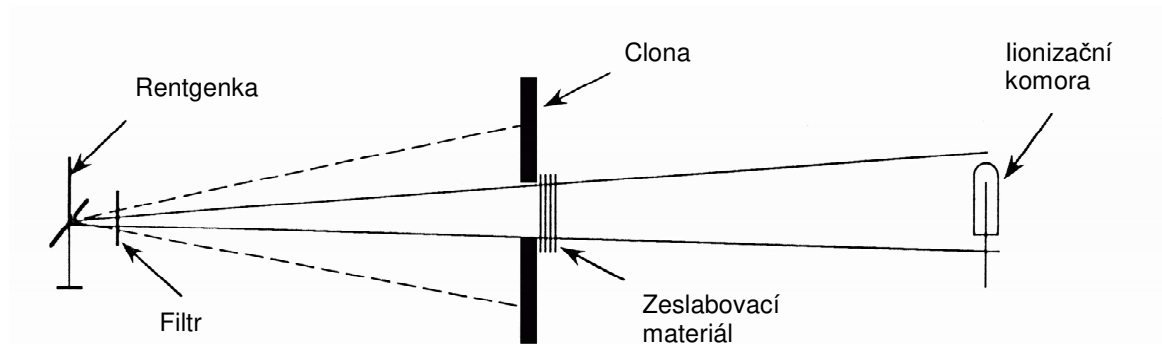
Popis kontrolovaného parametru: Hodnota první polotloušťky se používá k popisu kvality záření. Poměr první a druhé polotloušťky se používá pro stanovení koeficientu homogenity. Doporučuje se používat takové kombinace napětí a filtrace, které jsou blízké těm, pro které je možnost kalibrovat ionizační komory. Stanovuje se pro všechny používané kombinace napětí a filtrace.

Způsob kontroly:

Uspořádání vodorovné (viz obr. 1) nebo svislé. Při svislém uspořádání je třeba, aby alespoň 1 m za komorou nebyl rozptylující materiál. U rentgenových svazků středních energií je vzdálenost zdroj – ionizační komora 1 m, clona pro vymezení svazku a zeslabovací materiál (měděné destičky) se umísťují doprostřed této vzdálenosti. U rentgenových svazků nízkých energií je vzdálenost zdroj – ionizační komora 0,5 m, clona pro vymezení svazku a zeslabovací materiál (hliníkové destičky) se umísťují doprostřed této vzdálenosti. Pro velmi nízká napětí (10 kV) je možné volit ještě menší vzdálenost než 0,5 m. Pro správné stanovení polotloušťky musí být dodržena geometrie úzkého svazku. Komora pro rentgenové svazky nízkých energií má obvykle menší citlivý objem, měl by tedy být menší i otvor v olověném stínění.

Tolerance: Stanovená polotloušťka se od referenční hodnoty nesmí odlišovat o více než 10 % pro rentgenové svazky středních energií, resp. více než 20 % pro rentgenové svazky nízkých energií. Stanovená hodnota stupně homogenity se od referenční hodnoty nesmí odlišovat o více než 3%.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – R a po každé opravě, která může kvalitu záření ovlivnit (výměna rentgenky nebo jejího krytu), ZPS – v odůvodněném případě (např. nevyjde-li test absorbovaná dávka v referenčním bodě nebo test monitorování dávky).



Obr. 1 Měření polotloušťky

4.4.3. Faktory velikosti pole

Cíl kontroly: Stanovit/ověřit faktory velikosti pole.

Popis kontrolovaného parametru: Stanovuje se faktor velikosti pole jako poměr dávek pro daný tubus a pro tubus referenční. Při PZ se stanovují faktory velikosti polí pro všechny používané kombinace napětí a filtrace, pro všechny dostupné tubusy. Při ZDS a ZPS se ověřují faktory velikosti polí pro všechny používané kombinace napětí a filtrace, alespoň pro 3 nejčastěji používané tubusy, a to jak pro rentgenové svazky středních energií, tak pro rentgenové svazky nízkých energií.

Způsob kontroly: Měřením za podmínek stejných jako při měření absorbované dávky. Při ZPS a ZDS je možné měřit faktory velikosti pole v plastovém fantomu, pokud je toto měření navázáno na měření ve vodním fantomu.

Tolerance: Stanovené faktory velikosti pole se nesmí od referenčních hodnot zadaných do ozařovacích tabulek nebo do TPS odlišovat o více než 5 %. S tolerancí 5 % by se měla srovnávat i odchylka výsledné dávky pro daný tubus, ne jen vlastní faktor velikosti pole.

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – R

4.4.4. Hloubkové dávky

Cíl kontroly: Stanovit/ověřit procentuální hloubkové dávkové křivky.

Popis kontrolovaného parametru: Stanovují se pro rentgenové svazky středních energií. Pro rentgenové svazky nízkých energií je přípustné použít tabelované hodnoty (BIR: Central Axis Depth Dose Data for Use in Radiotherapy, Supplement No. 25, 1996 [3]), je možné měřit odezvu v závislosti na hloubce v PMMA fantomu – pro účel kontroly stálosti.

Při PZ se měří hloubkové dávky pro všechny používané kombinace napětí a filtrace, pro všechny dostupné tubusy. Při ZDS a ZPS se ověřují hloubkové dávky pro všechny používané kombinace napětí a filtrace, pro referenční tubus a alespoň jeden další tubus.

Způsob kontroly: Pro rentgenové svazky středních energií měřením ve vodním fantomu, dle doporučení IAEA TRS 398 [2] v aktuálním znění.

Tolerance: Stanovené hloubkové dávky se nesmí od referenčních hodnot zadaných do ozařovacích tabulek nebo do TPS odlišovat o více než 3 %. Porovná-li se měření dvou různých subjektů, je přijatelná odchylka 5 %. Pokud se provádí normalizace k jiné hloubce než hloubce maxima, pak toleranci 3 % (5% dvou různých subjektů) musí splňovat součet absolutních hodnot maximálních

odchylek nad a pod hloubkou normalizace. (Uvedené tolerance platí pro normalizaci k hloubce maxima.)

Frekvence: PZ, ZDS

4.5. Systém monitorování dávky

4.5.1. Stabilita systému monitorování dávky

Cíl kontroly: Ověřit stabilitu dávky.

Popis kontrolovaného parametru: Absorbovaná dávka nebo jiná veličina ve vztahu k absorbované dávce.

Způsob kontroly: Měřením buď jako v kapitole 4.4.1 nebo jednodušším způsobem pomocí rutinního dozimetru s komorou umístěnou v jednoduchém fantomu z pevné látky nebo ve vzduchu, příp. s komorou fixovanou k ozařovací hlavici (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 4.4.1. Toto monitorování dávky se provádí pro každou používanou kombinaci napětí a filtrace, pro referenční velikost pole (viz kapitola 4.4.1). V případě, že odchylka měřené hodnoty od referenční hodnoty překročí toleranci, je nutné stanovit dávku v referenčním bodě podle kapitoly 4.4.1.

Tolerance: 5 %

Frekvence: ZPS – M. 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.

4.5.2. Reprodukovatelnost systému monitorování dávky

Cíl kontroly: Ověřit reprodukovatelnost systému monitorování dávky.

Popis kontrolovaného parametru: Reprodukovatelnost aplikované dávky se hodnotí na základě stanovení výběrového variačního koeficientu měřených hodnot, tj. odečtů dozimetru umístěného v definovaném bodě na ose svazku záření pro referenční tubus.

Způsob kontroly: Měřením. Zařízení pro předvolbu dávky se nastavuje na dvě různé hodnoty: 5 % a 20 % rozsahu stupnice parametru (ozařovací čas nebo počet monitorovacích jednotek). Při PZ se měření provádí pro všechny používané kombinace napětí, proudu a filtrace, při ZDS a ZPS je postačující provést měření pro nejnižší a nejvyšší napětí a příslušný referenční tubus.

Je postačující provést dvě sady měření po pěti odečtech (1. hned po zahřátí přístroje a 2. např. po 2-3 hodinách provozu, při kterém se měří ostatní radiační parametry) pro časy 0,5 min a 2,0 min nebo 50 a 200 MU. Měření se provádí při normálním síťovém napětí. Odezva se koriguje na teplotu a tlak.

Výběrový variační koeficient se počítá ze vztahu:

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

kde K_i je hodnota i-tého odečtu dozimetru

K je průměrná hodnota hodnot K_i

n je počet měření.

Tolerance:

3 % pro ozařovače se jmenovitým napětím > 150 kV

5 % pro ozařovače se jmenovitým napětím ≤ 150 kV

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – R

4.5.3. Linearita systému monitorování dávky

Cíl kontroly: Ověřit linearitu systému monitorování dávky s ozařovacím časem nebo počtem monitorovacích jednotek.

Popis kontrolovaného parametru: Linearita systému monitorování dávky

Způsob kontroly: Měřením.

K hodnocení se používají výsledky měření podle kapitoly 4.5.2. Linearita L se spočítá podle vzorce:

$$L = 100 \times \left| \frac{\frac{K_1 - K_2}{Q_1 - Q_2}}{\frac{1}{2} \times \left(\frac{K_1}{Q_1} + \frac{K_2}{Q_2} \right)} \right| \quad /2/$$

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: 5 %

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – R

4.5.4. Časovač

Cíl kontroly: Ověřit časovač, pokud je aplikovaná dávka zadávána prostřednictvím ozařovacího času.

Popis kontrolovaného parametru: Ověřování se provádí minimálně pro dvě hodnoty času, které odpovídají běžně používaným hodnotám a liší se zhruba dvojnásobně.

Způsob kontroly: Pomocí vnějších stopek se ověřuje přesnost zabudovaných stopek (resp. přesnost vypnutí přístroje).

Tolerance: 2 %

Frekvence: PZ, ZDS, ZPS – T

4.5.5. Efekt zapnutí

Cíl kontroly: Určit efekt zapnutí a stanovit pravidla pro korekci na efekt zapnutí.

Popis kontrolovaného parametru: Je-li dávka aplikována nastavením ozařovacího času, může být případné překročení tolerance pro linearitu způsobeno tím, že dávkový příkon po zapnutí vysokého napětí určitý čas stoupá, než dosáhne stabilní hodnoty, tzv. efekt zapnutí. Je-li dávka aplikována nastavením MU, efekt zapnutí se nestanovuje, ale je třeba změřit linearitu L_{\min} i pro nejmenší používané dávky.

Způsob kontroly: Pro všechny ozařovací kombinace (napětí/proud/filtrace) a referenční tubus se stanoví „efekt zapnutí“ jako $d = (D_0 - D_n)/n$, kde D_0 je dávka za dobu $t = 1$ min, D_n je dávka za dobu $t = 1$ min s n přerušeními, $n = 3$.

Tolerance: 2 %

Pro ozařovače řízené časovačem:

Bez úpravy ozařovacího času (d nezpůsobí chybu v dávce větší než 2 %) lze ozařovat pro čas $t \geq 50 * d / (D_0 + d)$ [min]

S úpravou času na efekt zapnutí (d nezpůsobí chybu v dávce větší než 10 %) lze ozařovat pro $t \geq 10 * d / (D_0 + d)$ [min]

Nepoužívat pro

$t < 10 * d / (D_0 + d)$ [min]

Pro ozařovače řízené monitorovací komorou:

Pokud je $L_{\min} \leq 2$ %, lze používat měřený svazek bez omezení a není třeba opravovat na efekt zapnutí

Pokud je $2\% < L_{\min} \leq 5$ %, lze používat měřený svazek, ale je třeba stanovit opravu na efekt zapnutí

Pokud je $5\% < L_{\min}$ měřený svazek nelze používat (nevyhovuje ani parametr linearity)

Frekvence: PZ, ZDS

4.6. Ozařovací tabulky nebo TPS

4.6.1. Vypracování ozařovacích tabulek nebo vložení dat do TPS

Ozařovací tabulky (nebo vložení dat do TPS) jsou vypracovány po přijímací zkoušce nebo po zkoušce dlouhodobé stability, při níž se stanovily nové referenční hodnoty, nebo po každém přidání nebo odebrání klinicky povolených kombinací napětí a filtrace, tubusu atd. Jsou vypracovány na základě specifikace, v jaké formě má být tabulka vypracována a jaké údaje v ní mají být vzhledem ke zvyklostem pracoviště (dávky na povrchu vs. dávky v určité hloubce). V ozařovacích tabulkách musí být uvedeno, na základě jakých dat byly vypracovány (PZ; ZDS, při níž se stanovily nové referenční hodnoty), datum vypracování a podpis. Pokud se jedná o výměnu ozařovacích tabulek, je nutné staré ozařovací tabulky

označit za neplatné. Ozařovací tabulky jsou vypracovány ve spolupráci s klinickým radiologickým fyzikem pracoviště a jsou jím odsouhlaseny do klinického provozu.

4.6.2. Kontrola ozařovacích tabulek nebo TPS

Cíl kontroly: Ověřit správnost ozařovacích tabulek nebo software TPS

Popis kontrolovaného parametru: Ozařovací tabulky musí být před použitím v klinické praxi v plném rozsahu zkontrolovány osobou odlišnou od osoby, která je vypracovala. O této kontrole musí být u tabulky k dispozici písemný doklad podepsaný kontrolující osobou. Tato kontrola odpovídá počátečnímu ověření TPS. Pravidelně se pak ozařovací tabulky ověřují v rámci ZDS a v rámci roční ZPS pro vybrané kombinace napětí a filtrace, tubusy (nejmenší, referenční, největší), hloubky (v rozsahu 1 – 5 cm) a požadované aplikované dávky.

Způsob kontroly:

- a) Kontroluje se, zda ozařovací tabulky (nebo TPS) jsou aktuální, zda obsahují údaje ke všem klinicky povoleným kombinacím napětí a filtrace a pro všechny povolené tubusy a zda jsou údaje v tabulce ve shodě s přejímací zkouškou, případně poslední zkouškou dlouhodobé stability, při níž se stanovily nové referenční hodnoty.
- b) Správnost je vhodné ověřit také měřením.

Tolerance:

- a) Údaje v tabulce jsou aktuální a ve shodě s přejímací zkouškou, případně poslední zkouškou dlouhodobé stability, při níž se stanovily nové referenční hodnoty.
- b) 5 %

Frekvence: počáteční ověření, ZDS, ZPS - R

Literatura

- [1] SÚJB Radiační ochrana: Doporučení - Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – Rentgenové ozařovače, 2000 + opravy z let 2003, 2012, 2018.
- [2] IAEA: Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: an international Code of Practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water. IAEA Technical Reports Series no 398, 2000.
- [3] British Journal of Radiology, Supplement 25: Central Axis Depth Dose Data for Use in Radiotherapy, 1996.
- [4] ČSN EN 60601-1-1 ed. 2 (36 4800): Zdravotnické elektrické přístroje - Část 1-1: Všeobecné požadavky na bezpečnost - Skupinová norma: Požadavky na bezpečnost zdravotnických elektrických systémů, 2001, Třídící znak 36 4800.
- [5] ČSN EN 60601-2-8 ed. 2: Zdravotnické elektrické přístroje - Část 2-8: Zvláštní požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost terapeutických rentgenových přístrojů pracujících v rozsahu 10 kV až 1 MV, 2016, Třídící znak 36 4801.
- [6] ČSN EN 60601-2-8 ed. 2 Změna A1: Zdravotnické elektrické přístroje - Část 2-8: Zvláštní požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost terapeutických rentgenových přístrojů pracujících v rozsahu 10 kV až 1 MV, 2016, Třídící znak 36 4801.
- [7] ČSN EN 60601-2-8 ed. 2 Oprava 1: Zdravotnické elektrické přístroje - Část 2-8: Zvláštní požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost terapeutických rentgenových přístrojů pracujících v rozsahu 10 kV až 1 MV, 2019, Třídící znak 36 4801.
- [8] ČSN EN 60976 – Zdravotnické elektrické přístroje – Lékařské urychlovače elektronů – Funkční charakteristiky. Český normalizační institut, 2008, Třídící znak 364767.

Autoři

Tuto publikaci vypracovali členové Expertní skupiny pro radioterapii při Státním ústavu radiační ochrany Praha v roce 2000.

Aktualizaci doporučení provedla v roce 2023 Ing. Ivana Horáková, CSc., ve spolupráci s členy Pracovní skupiny SÚRO pro radioterapii.