

Gliwice, 28.05.2021

Prof. dr hab. n. fiz. Krzysztof Ślosarek

Narodowy Instytut Onkologii- im. Marii Skłodowskiej - Curie
Państwowy Instytut Badawczy
Oddział Gliwice

Recenzja

rozprawy doktorskiej Marcina Bieniasiewicza

Badanie promieniowania wtórnego wytworzonego przez wiązki terapeutyczne, generowane przez liniowe akceleratory medyczne, w kontekście optymalizacji ochrony radiologicznej osób pracujących w ośrodkach realizujących teleradioterapię

Rozprawa doktorska pana mgr Marcina Bieniasiewicza „*Badanie promieniowania wtórnego wytworzonego przez wiązki terapeutyczne, generowane przez liniowe akceleratory medyczne, w kontekście optymalizacji ochrony radiologicznej osób pracujących w ośrodkach realizujących teleradioterapię*” spełnia wymogi ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r (nowelizacja 3 czerwca 2016), dlatego wnoszę do Rady Instytutu Fizyki Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.

Uzasadnienie

Zagadnienie przedstawione w recenzowanej pracy doktorskiej pana mgr Marcina Bieniasiewicza „Badanie promieniowania wtórnego wytworzonego przez wiązki terapeutyczne, generowane przez liniowe akceleratory medyczne, w kontekście optymalizacji ochrony radiologicznej osób pracujących w ośrodkach realizujących teleradioterapię” wypełniają bardzo ważny obszar związany z teleradioterapią i ochroną radiologiczną. W planowaniu leczenia promieniowaniem jonizującym skupiamy się przede wszystkim, na rozkładach dawek w objętości leczonej i tkankach zdrowych, które ją otaczają. Coraz częściej prowadzone są badania dotyczące oceny wartości dawek poza polem wiązek terapeutycznych, które deponowane w ciele pacjenta w czasie prowadzonej terapii. Jednak liczba artykułów naukowych, badań związanych z promieniowaniem neutronowym, które jest niepożądanym efektem radioterapii jest niewielka w stosunku do prac naukowych związanych z planowaniem leczenia czy też dozymetrią kliniczną. Powody są trzy. Jest ono zdecydowanie „trudniejsze” w detekcji. Wymaga mierników, które nie są wymaganym wyposażeniem ośrodków klinicznych. Poziom dawki jaki pacjenci i personel otrzymują jest „nieistotny” z punktu widzenia ochrony radiologicznej i znikomy w stosunku do wartości dawki terapeutycznej. Stosując jednak zasadę ALARA, nie należy tego problemu nie zauważać. Wreszcie, wcześniejsze badania w tym zakresie spowodowały, że większość nowo instalowanych akceleratorów biomedycznych generuje promieniowanie poniżej energii 15 MeV (promieniowanie fotonowe). A prawie wszystkie najnowsze rozwiązania konstrukcyjne generują wiązki o energii rzędu 6 MeV (X-6MV). Doktorant w przedstawionych тезach zbadał „problem promieniotwórczości wzbudzonej i promieniowania wtórnego” generowanego przez wysokoenergetyczne wiązki terapeutyczne promieniowania fotonowego i elektronowego, w pomieszczeniach akceleratorów biomedycznych. Zastosował metody pomiarowe i obliczeniowe fizyki jądrowej. Wynikiem badań jest ocena ryzyka związanego z narażeniem personelu na promieniowanie neutronowe oraz co uważam za najważniejsze osiągnięcie w tej pracy: zoptymalizowana, z punktu ochrony radiologicznej konstrukcja drzwi pomieszczenia akceleratora.

O ważności badań związanych z promieniowaniem neutronowym są badania finansowane przez Unię Europejską np. projekt ANDANTE zakończony w 2015 roku a koordynowany przez Univerita Degli Studia di Pavia.

Pan mgr Marcin Bieniasiewicz jest autorem (współautorem) 3 artykułów naukowych. Temat swoich badań przedstawił na dwóch krajowych konferencjach naukowych.

Analiza pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska pana mgr Bieniasiewicza, ma układ pracy badawczej nieznacznie odbiegający od przyjętych zasad. Tym niemniej jest on przejrzysty. Poszczególne rozdziały to: wstęp, opis metody, wyniki wraz z dyskusją, analiza błędów oraz podsumowanie i wnioski. Dysertację rozpoczyna przedstawienie przez Doktoranta celu pracy, a zakończeniem jest bibliografia, spis rysunków i tabel oraz streszczenie w języku polskim i angielskim; razem – 85 stron, 37 rysunków oraz 8 tabel. Bibliografia to 84 pozycje, większość z ostatnich 15 lat. W celu pracy Doktorant pisze „*Motywacją do podjęcia badań stało się pojawienie się na rynku akceleratorów medycznych dwóch nowych wówczas modeli: Precise firmy Elekta i TrueBeam firmy Varian*”, dla których podjęto badania związane z promieniotwórczością wzbudzoną i promieniowaniem wtórnym. Głównym celem badań, było zbadanie procesów, które związane są z wytwarzaniem tego promieniowania z punktu widzenia ochrony radiologicznej. Pan mgr Marcin Bieniasiewicz zmierzył te zjawiska, korzystając z metod fizyki jądrowej oraz wykonał obliczenia metodą Monte Carlo. Wprowadzenie – pierwszy rozdział pracy (11 stron) to opis zjawisk fizycznych, które Doktorant badał oraz opis programu GEANT4, który jest dedykowany do obliczeń metodą Monte Carlo. Metoda badań została opisana na 15 stronach, dotyczy spektroskopii promieniowania gamma oraz metody aktywacji. Znajdujemy w tej części informacje związane z metodą symulacji komputerowych, pomiarami promieniowania gamma i neutronowego oraz opis pomieszczeń akceleratorów biomedycznych. Wyniki wykonanych pomiarów i obliczeń Doktorant przedstawił w trzecim rozdziale (27 stron). Zostały one podzielone na pomiary widm promieniowania gamma i neutronów w pomieszczeniach aparatów Precise i TrueBeam. Otrzymane wyniki zostały porównane z danymi literaturowymi. Analizując pomieszczenia akceleratora Elekta, bazując na symulacji metodą Monte Carlo, Doktorant zaproponował nową konstrukcję drzwi pomieszczenia terapeutycznego, które by lepiej spełniały wymogi ochrony radiologicznej. Wyniki otrzymane z przeprowadzonych pomiarów w pomieszczeniach akceleratorów wskazują na korelację pomiędzy rodzajem wiązki i jej energią oraz wytworzonym strumieniem

neutronów. Wniosek wydaje się jednoznaczny, że planując napromienianie chorych należy stosować energie promieniowania fotonowego poniżej 10 MeV, aby zminimalizować dawki pochodzące od promieniowania neutronowego. We współczesnej radioterapii, w praktyce klinicznej większość pacjentów napromieniana jest wiązkami fotonowymi o energiach maksymalnych 6 MeV. Być może jest to wynikiem wcześniejszych badań w tym zakresie. Identyfikacja reakcji jądrowych i radioizotopów w pomieszczenia akceleratorów: Precise i TrueBeam jest ważnym element recenzowanej pracy. Na wykresach znajdujemy bardzo szczegółowe informacje o tych zjawiskach, widmach pierwiastków które są wytwarzane i są źródłem promieniowania neutronowego. Ważnym elementem pomiarów i symulacji jest możliwość zidentyfikowania pierwiastków z jakich zbudowane są głowice akceleratorów oraz pozostałe elementy kolimujące wiązkę terapeutyczną. Korzystając z wyników tych badań, można zaprojektować układy kolimujące z pierwiastków, które nie są źródłem promieniowania neutronowego. Dotyczy to również materiałów z których wykonane są pomieszczenia terapeutyczne. Zakończeniem tego rozdziału jest analiza błędów pomiarowych fluencji neutronów. Bazuje ona na dopasowaniu, metodą najmniejszych kwadratów funkcji Gaussa do danych pomiarowych. Piąty rozdział to przedstawienie wniosków z przeprowadzonych pomiarów i obliczeń oraz podsumowanie. Wykonane badania wskazują, że w pomieszczeniach akceleratorów biomedycznych generowane jest promieniowanie neutronowe, dlatego należy unikać długich czasów emisji wysokoenergetycznych wiązek promieniowanie fotonowego. Zaproponowano nową konstrukcję drzwi do pomieszczenia akceleratora, która odpowiada wymogom ochrony radiologicznej. Bibliografia liczy 84 pozycje, artykuły są w większości nie starsze niż 15 lat. Ich cytowanie świadczy o dobrej znajomości literatury przez pana mgr Marcina Bieniasiewicza w tematyce badań którą przedstawił.

Uwagi edytorskie

Praca przegotowana jest bardzo starannie od strony edytorskiej. Trudno znaleźć w niej błędy literowe. Rysunki, wykresy, tabele – są czytelne. Dlatego, z obowiązku recenzent, a także z dużą satysfakcją zwracam uwagę na oczywistą pomyłkę edytorską we wzorze 8, na stronie 31: zamiast $\Phi_{n,ter}$ powinno być: $\Phi_{n,rez}$. Można znaleźć kilka drobnych niedociągnięć, co nie zmienia faktu, że bardzo wysoko oceniam stronę edytorska recenzowanej dysertacji.

Uwagi merytoryczne

Recenzowana rozprawa doktorska, niewątpliwie zyskałaby na przejrzystości, gdyby pan mgr Marcin Bieniasiewicz wykonał pomiary dla analizowanych pomieszczeń terapeutycznych i aparatów terapeutycznych dla tych samych warunków. Dlaczego pomiary fluencji neutronów dla akceleratora Elekta wykonane były w punkcie izocentrum, a akceleratora Varian w układzie kolimującym akceleratora? Miejsca pomiarów dawek w pomieszczeniach akceleratorów nie są także identyczne (chodzi o miejsce wykonania pomiarów). Doktorant w kilku miejscach pisze o błędzie pomiarowym, jednak w żadnym miejscu pracy nie znajduję informacji ile razy powtórzono pomiary. Na wykresach nie zaznaczono błędów pomiarowych. Wzory są podawane bez jednostek ! Zwracam uwagę na fakt, że w fizyce jest to bardzo ważna informacja. Wreszcie, Doktorant stosuje metodę symulacji Monte Carlo w celu przedstawienia nowej konstrukcji drzwi do pomieszczenia terapeutycznego, co uważam za bardzo istotne osiągnięcie recenzowanej pracy. Można jednak zapytać, dlaczego nie zastosowano tej metody (symulacji Monte Carlo) do skorelowania obliczeń z pomiarami. Tak przeprowadzone badania, mogłyby w przyszłości posłużyć do oceny fluencji neutronów w pomieszczeniach terapeutycznych, bez konieczności wykonania pomiarów. Przedstawione, przeze mnie uwagi być może staną się inspiracją do dalszych badań jakie Doktorant będzie prowadził.

Pytanie do Doktoranta

1. Ile razy powtarzano pomiary ?
2. Dlaczego nie wykonano pomiarów w identycznych warunkach, w pomieszczenia terapeutycznych badanych akceleratorów ?
3. Czy czas pomiarów po przerwie sobotnio-niedzielnej lub bezpośrednio po zakończeniu ekspozycji ma wpływ na otrzymane wyniki ? A jeżeli tak, czy wszystkie pomiary były wykonane w identycznych warunkach czasowy ?
4. Czy widmo energetyczne przedstawione na rysunku 28 oznacza, że pomiary zostały wykonane po przerwie weekendowej bez emisji wiązki ? Jeżeli tak, to jakie jest dawka pochodząca od tego promieniowania w pomieszczeniu terapeutycznym?



Krzysztof Ślosarek