

Warszawa , 7.09.2023 r.

**Prof. dr hab. inż. Konrad Świrski**

**Wydział MEiL Politechniki Warszawskiej**

**Dyscypliny naukowe** : mechanika, budowa i eksploatacja maszyn, energetyka

**Specjalności:** maszyny i urządzenia energetyczne

### **RECENZJA**

rozprawy doktorskiej mgr inż. Mina Torabi pt „Probabilistic Safety Assessment for High Temperature Gas-cooled Reactors”.

Energetyka jądrowa jest obecnie kluczowym elementem przyszłej polskiej strategii energetycznej zgodnie z aktualnie opublikowaną i przyjętą przez KPRM Polityką Energetyczną Polski do roku 2040. Plan budowy pierwszego reaktora w roku 2033 zakłada na dziś budowę dużych reaktorów GEN III + (rozwiązania amerykańskie i koreańskie) , a także proponowane jest szerokie zastosowanie reaktorów SMR (różnych producentów) przez krajowe koncerny energetyczne i wydobywcze. Na całym świecie trwają intensywne prace w zakresie energetyki jądrowej (pomimo odchodzenia niektórych krajów od tego typu generacji energii) polegające na dalszej budowie reaktorów dużej mocy, poprzez koncepcje wprowadzenia do systemu energetycznego reaktorów typu SMR (przez niektórych te właśnie reaktory uważane są za przyszłościowe rozwiązanie energetyki jądrowej) aż po prace koncepcyjne nad nowymi projektami reaktorów jądrowych (Gen IV) daleko wykraczającymi poza obecny stan techniczny rozwiązań. Niezależnie od alternatywnych ścieżek rozwojowych, większość naukowców i ekspertów uważa że rola energetyki jądrowej będzie istotna dla uzyskania celów „neutrality 2050) i globalnego zmniejszenia emisji CO2 na świecie, niezbędne są więc poszukiwania nowych możliwości rozwojowych.. Recenzowana praca doktorska mieści się więc w tym kluczowym dla rozwoju energetyki jądrowej oraz pośrednio także dla strategii energetycznej Polski w tym zakresie.

#### **1. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Rozprawa jest napisana w języku angielskim i zawiera łącznie 98 stron, w tym 91 stron tekstu podstawowego , podzielonego na 4 rozdziały , spis literatury , zawierający 91 wielojęzycznych pozycji bibliograficznych (głównie w języku angielskim) zestawionych w kolejności alfabetycznej.

Pracę można zasadniczo podzielić na dwie części merytoryczne:

- Część *pierwszą* teoretyczną ( ogólną ), obejmującą wstęp (Introduction - rozdział 1) , w których przedstawiono ogólne rozważania dotyczące energii jądrowej oraz podstawowe

hipotezy badawcze rozprawy a także opisowy rozdział 2 prezentujący informacje i rozważania dotyczące probabilistycznej analizy bezpieczeństwa (PSA) dla elektrowni jądrowej, w szczególności dla bloków HTGR.

- *Część druga* obejmującą rozdział 3 która zawiera kluczowe elementy– wyniki analiz PSA dla bloku wysokotemperaturowego HTGR wraz z Podsumowaniem (Summary and Conclusions) .

Struktura pracy jest właściwa, ilość cytowanych pozycji bibliograficznych wskazuje na przedstawienie aktualnego dorobku naukowego w tej dziedzinie, aczkolwiek cała praca jest dość skromna jak na standardy współczesnych prac doktorskich. Kluczowa hipoteza badawcza pracy poświęcona jest możliwości rozszerzenia Probabilistycznych Analiz Bezpieczeństwa (PSA) dla wysokotemperaturowych jądrowych reaktorów chłodzonych gazem (HTGR) poprzez wprowadzenie kompleksowych symulacji cyklu życia reaktora (rozszerzona metodyka FMEA). Analizy zaprezentowane zostały m.in. dla reaktora HTTR podczas utraty wymuszonego przepływu chłodziwa ze stratą ciśnienia (DLOFC).

## **2. Charakterystyka tematu oraz celu rozprawy**

Cały sektor energetyczny na świecie znajduje się w punkcie przełomowym. Z jednej strony dążenie do zeroemisyjności (europejska polityka Green Deal i rezygnacja z paliw kopalnych zdobywa coraz większą popularność na świecie – warto przeanalizować aktualne tendencje np. w USA) z drugiej zaś bezprecedensowe wydarzenia związane z rosyjską agresją na Ukrainę spowodowały ogromną turbulencję w zakresie kosztów surowców i samej energii elektrycznej (co wzmocniło zainteresowanie rozwojem energetyki atomowej). Energetyka jądrowa na świecie znajduje się więc obecnie w decydującym punkcie rozwojowym – gdzie pojawiają się zarówno szanse i zagrożenia. Z jednej strony polityka niektórych krajów (np. Niemcy) w praktyce przeprowadziła rezygnację z atomu i oparcie się w transformacji energetycznej wyłącznie na odnawialnych źródłach energii (i to jeszcze szybciej niż dotychczas) uzupełnionych o gospodarkę wodorową umożliwiającą wielkoskalowe magazynowanie energii – m.in. dla całkowitego uniezależnienia się od importu paliw kopalnych. Z drugiej strony szereg krajów (jak Chiny) nie tylko kontynuuje ale znacząco rozbudowuje sektor atomowy, traktując go jako priorytetowy dla przyszłości swoich gospodarek. W Europie jak i w USA finalnie uruchomiono nowe bloki z reaktorami Gen III + kończąc okres wieloletnich opóźnień w budowie. W Polsce energia jądrowa – pochodząca zarówno z planowanych reaktorów Gen III+ jak i nowych koncepcyjnie SMR – ma mieć znaczący udział w bilansie energetycznym w dekadzie po roku 2030. Ostatnie decyzje dotyczące polskiej energetyki jądrowej zakładają szybka budowę dwóch (lub nawet trzech) reaktorów (lub nawet elektrowni) opartych o rozwiązania amerykańskie (AP1000) oraz koreańskie. Uzupełnione jest to o strategię spółek paliwowo-energetycznych (Orlen) i wydobywczych (KGHM) zakładających budowę własnych źródeł

opartych o rozwiązania SMR (small Module Reactors). W najbliższych 10-15 latach strategia rozwoju energetyki jądrowej w Polsce jest więc zdeterminowana i jedynym pytaniem jest możliwość jej terminowej realizacji. Patrząc na aktualną przyszłość energetyki jądrowej w Polsce w kontekście ocenianej pracy doktorskiej można jedynie zadać pytanie na ile możliwe (i realne) są badania i rozwój reaktorów wysokotemperaturowych (HTGR) jeśli tak wielkie środki (i cały punkt ciężkości inwestycji) przesuwane są na budowę i rozwój obecnych rozwiązań technicznych opartych o technologie PWR – reaktory Gen III + oraz SMRy. Na całym świecie ewentualny renesans EJ jest także oparty o te technologie co budzi pewną wątpliwość o realną przyszłość technologii HTGR a więc koncentracji na badaniach nad tym typem reaktorów dalekich wciąż od poziomu komercjalizacji. Niezależnie od tego sama kwestia prowadzenia analiz bezpieczeństwa i także stosowanie PSA (w odróżnieniu od klasycznych analiz deterministycznych) jest na pewno ważnym zadaniem w przygotowaniu rozwoju energetyki jądrowej i w tym kontekście próba udowodnienia hipotezy badawczej o możliwości rozwoju PSA o nowe, innowacyjne podejście – stanowi interesujący element badań naukowych. **Biorąc pod uwagę powyższe aspekty praca doktorska mgr inż. inż. Mina Torabi jest aktualna i dotyczy ważnych problemów w energetyce.**

**Postawione przez Autorkę cele pracy są stosunkowo oryginalne. Przedstawiony problem naukowy jest aktualny i ważny, szczególnie rozpatrując przyszłość i bezpieczeństwo energetyki jądrowej.**

### **3. Rozwiązanie postawionego problemu naukowego**

Problem naukowy przedstawiony przez Autorkę został rozwiązany przez włączenie referencyjnego zdarzenia inicjującego (DFLOC) do analizy PSA oraz opracowanie nowego podejścia do analiz PSA dla reaktorów wysokotemperaturowych HTGR poprzez zastąpienie klasycznego w PSA zastosowania drzewa uszkodzeń poprzez kompleksowe symulacje cyklu życia reaktora co umożliwi m.in. dokładniejszą ocenę niezawodności i bardziej kompleksową ocenę potencjalnej awarii.

Za oryginalne osiągnięcia Autorki pracy uznałbym:

- - kompleksowe zastosowanie analiz PSA dla reaktorów wysokotemperaturowych (HTGR) co nie było podejmowanym dość często zagadnieniem badawczym szczególnie w Polsce
- - wykonanie analiz DLFOC (Depressurized Loss of Forced Coolant) w reaktorze HTGR poprzez włączenie referencyjnego zdarzenia inicjującego
- - rozszerzenie klasycznej metodyki PSA poprzez zastąpienie metodyki drzewa zdarzeń i drzewa uszkodzeń poprzez rozszerzona analizę niezawodności i symulacje działania systemów bezpieczeństwa HTGR.
- - wykonanie analiz porównawczych wskazujących potencjalne niedokładności dotychczasowej metodyki w oszacowaniu parametrów bezpieczeństwa

#### 4. Uwagi i kwestie dyskusyjne

Jako recenzent rozprawy zgłaszam następujące uwagi i kwestie dyskusyjne (*Uwagi ogólne i ewentualne pytania rozszerzające dla doktoranta*) oraz kilka dodatkowych drobnych uwag redakcyjnych (jak np. opis na rys 3.27-3.29)– ale od tego typu błędów nikt (nawet zaawansowani i doświadczeni naukowcy) nigdy nie jest wolny i należy to traktować jako rzecz naturalną przy przygotowaniu dużej monografii naukowej. Generalnie praca jest zredagowana właściwie aczkolwiek bardzo oszczędnie w opisach. W niektórych przypadkach brak jest kluczowych opisów i wprowadzenia do analizowanego tematu co być może jest naturalne w przypadku naukowców prowadzących zaawansowane rozważania w danym obszarze ale także jednocześnie nie pozwala na łatwe zrozumienie tematyki. Użycie bardzo dużej ilości skrótów (widać to po objętości tabeli) sprawia trudność w płynnym czytaniu pracy.

1. W pracy nie pokazano generalnego podejścia do analiz bezpieczeństwa współczesnych reaktorów jądrowych. Wskazane jest pokazanie miejsca dla metodyki PSA (w szczególności różnice wobec DSA) w obecnej procedurze analiz bezpieczeństwa reaktorów jądrowych i jej wykorzystanie w polskim programie budowy energetyki jądrowej
2. W pracy wg Autorki, analizy przeprowadzono dla eksperymentalnego High Temperature Engineer Test Reactor (HTTR) opracowanego przez Japan Atomic Energy Agency. W pracy właściwie nie zaprezentowano żadnego reprezentatywnego schematu (poza jednym elektrycznym oraz jednym dotyczącym systemu chłodzenia). Jeśli możliwe – proszę o bardziej szczegółowe opisanie tego obiektu i podanie jego podstawowych parametrów.
3. Rozdział 3.1.1. (FEMA of HTTR electrical system) przedstawia wyniki analiz które nie były jak rozumiem prowadzone przez Autorkę – proszę o potwierdzenie i nie do końca jest jasny cel ich przytaczania jeśli nie są następnie odpowiednio porównane do zaproponowanych rozszerzonych analiz przy zmanionym podejściu.
4. Autorka podaje ze analizy zostały przeprowadzone za pomocą oprogramowania SAPHIRE (str. 38) bez podania jakichkolwiek szczegółów tego oprogramowania. Jeśli jest to prawdziwe proszę o podanie kilku szczegółów oraz zakresu prac jaki został wykonany przez Autorkę podczas korzystania z tego typu oprogramowania oraz diagram blokowy kluczowych analiz prowadzonych za pomocą tego oprogramowania.
5. Autorka w kluczowej części skupia się na DLOFC jako referencyjnym zdarzeniu inicjującym. Jednocześnie brak jest szczegółowego opisu samego DLOFC w stosunku do innych możliwych zdarzeń awaryjnych i konsekwencji tego zdarzenia w reaktorach HTGR. Prośba o pogłębione uzupełnienie.
6. Wyniki porównawcze standardowej i zmienionej metodyki analiz (podsumowanie) na rys 3.27-3.29 wskazują na stosunkowo duże różnice pomiędzy „klasycznym” a „zaawansowanym” podejściem (w postaci przeszacowania dla drzewa zdarzeń). W szczególności wyniki otrzymane za pomocą metodyki zaproponowanej przez Autorkę mogą być nawet o kilka rzędów wielkości różne (mniejsze) co wydaje się bardzo interesujące dla przyszłych badań. Jednak sam opis – rozdział 3.6 jest nader oszczędny a przez to trudny do przeanalizowania. Prośba o dodatkowe szczegółowe opisanie sekwencji np. 5, 8, 10 i analizę wyników.

7. Praca koncentruje się na analizach reaktorów HTGR i modyfikacji analiz bezpieczeństwa PSA. W kilku miejscach opisane są pewne różnice zarówno pomiędzy samymi systemami bezpieczeństwa w reaktorach HTGR i LWR jak i samą metodyką analiz. Pytanie – czy jakiegokolwiek elementy badawcze zaproponowane przez autorkę mogą być wykorzystane w analizach PSA reaktorów lekkowodnych (w tym typowych komercyjnych PWR) czy też mają zastosowanie wyłącznie w reaktorach typu HTGR ?
8. Jaka wg Autorki jest przyszłość reaktorów HTGR i ich potencjalna rola w energetyce światowej ? Czy warto rozszerzać badania nad HTGR (będących w fazie doświadczanej wyłącznie) wobec renesansu reaktorów Gen III + i SMR w zastosowaniach komercyjnych ?

## 5. Ocena pracy jako rozprawy doktorskiej

Biorąc pod uwagę zawartość pracy stwierdzam, że Doktorantka w sposób wystarczająco jednoznaczny sformułowała problem naukowy, który następnie rozwiązała właściwie przy użyciu metod naukowych. W świetle powyższych uwag, należy uznać, że **postawiona w rozprawie teza została udowodniona.**

## 6. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Mina Torabi pt. „Probabilistic Safety Assessment for High Temperature Gas-cooled Reactors” **spełnia w sposób dostateczny ustawowe wymagania dotyczące rozpraw doktorskich** zawarte w stosownych przepisach, a w szczególności w ustawie - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. 2018 poz. 1668) i jest rozwiązaniem postawionego przez Autora zagadnienia naukowego i udowadnia opanowanie wiedzy w dyscyplinie naukowej **fizyka**. Potwierdza również umiejętność rozwiązywania problemów naukowych, w związku z powyższym wnioskuje o **dopuszczenie przez Radę Naukową mgr inż. Mina Torabi do dalszego etapu postępowania doktorskiego.**



Warsaw , 7.09.2023 r.

**Prof. dr hab. inż. Konrad Świrski**

**Wydział MEiL Politechniki Warszawskiej**

**Dyscypliny naukowe** : mechanika, budowa i eksploatacja maszyn, energetyka

**Specjalności:** maszyny i urządzenia energetyczne

## **REVIEW**

The doctoral dissertation of Mina Torabi, M.Sc. titled . "Probabilistic Safety Assessment for High Temperature Gas-cooled Reactors "

Nuclear power is currently a key element of Poland's future energy strategy in accordance with the currently published and adopted by the NPRM Energy Policy of Poland until 2040. The plan for the construction of the first reactor in 2033 assumes for today the construction of large GEN III + reactors (American and Korean solutions) , and there is also proposed extensive use of SMR reactors (of various manufacturers) by domestic energy and mining companies. All over the world there is intensive work in the field of nuclear power (despite the departure of some countries from this type of power generation) consisting in the further construction of high-power reactors, through the concepts of introducing SMR-type reactors into the energy system (by some these very reactors are considered to be the future solution of nuclear power) up to conceptual work on new nuclear reactor pro-designs (Gen IV) far beyond the current state of the art solutions. Regardless of alternative development paths, most scientists and experts believe that the role of nuclear power will be crucial for achieving the goals of " neutrality 2050) and global reduction of CO2 emissions in the world, so it is necessary to search for new development opportunities. Thus, the reviewed doctoral dissertation falls into this key area for the development of nuclear energy and, indirectly, for Poland's energy strategy.

### **1 General characteristics of the dissertation**

The dissertation is written in English and contains a total of 98 pages, including 91 pages of basic text , divided into 4 chapters , a literature list , containing 91 multilingual bibliographic items (mainly in English) compiled in alphabetical order.

The work can be basically divided into two substantive parts:

- The first theoretical part ( general) which includes an introduction (Introduction - Chapter 1) , in which general considerations of nuclear power and the basic research hypotheses of the dissertation are presented and a descriptive Chapter 2 which presents information and considerations of probabilistic safety analysis (PSA) for nuclear power plant and HTGR units in particular.

- The second part including Chapter 3 which contains the key elements-results of PSA analysis for HTGR high-temperature unit along with Summary and Conclusions .

The structure of the work is appropriate, the number of cited bibliographic items indicates the presentation of current scientific achievements in the field, although the entire work is quite modest by the standards of modern doctoral theses. The key research hypothesis of the work is devoted to the possibility of extending Probabilistic Safety Analysis (PSA) for high-temperature gas-cooled nuclear reactors (HTGRs) by introducing complex simulations of the reactor life cycle (extended FMEA methodology). Analyses were presented, among others, for the HTTR reactor during loss of forced coolant flow with loss of liquidity (DLOFC).

## **2 Characteristics of the topic and purpose of the dissertation**

The entire global energy sector is at a turning point. On the one hand, the pursuit of zero-carbon (the European Green Deal policy and the abandonment of fossil fuels is gaining popularity around the world - it is worth analyzing current trends, for example, in the USA), on the other hand, the unprecedented events related to the Russian aggression against Ukraine have caused enormous turbulence in the cost of raw materials and electric energy itself (which has strengthened interest in the development of nuclear power). Thus, the world's nuclear power industry is now at a crucial development point - where both opportunities and threats are emerging. On the one hand, the policy of some countries (e.g., Germany) has in practice carried out the abandonment of the atom and reliance in the energy transition exclusively on renewable energy sources (and even faster than before) supplemented by a hydrogen economy enabling large-scale energy storage - among other things, for complete independence from fossil fuel imports. On the other hand, a number of countries (like China) are not only continuing but significantly expanding the nuclear sector, treating it as a priority for the future of their economies. In Europe as well as the US, new units with Gen III+ reactors have finally been commissioned, ending years of construction delays. In Poland, nuclear energy - coming from both planned Gen III+ reactors and conceptually new SMRs - is expected to have a significant share in the energy balance in the decade after 2030. Recent decisions on the Polish nuclear power industry assume rapid construction of two (or even three) reactors (or even power plants) based on American (AP1000) and Korean solutions. This is complemented by the strategy of fuel and energy (Orlen) and mining (KGHM) companies assuming the construction of their own sources based on SMR (Small Module Reactors) solutions. Thus, in the next 10-15 years, the strategy of nuclear power development in Poland is determined and the only question is the possibility of its timely implementation. Looking at the current future of nuclear power in Poland in the context of the evaluated doctoral thesis, one can only ask how possible (and realistic) is the research and development of high-temperature reactors (HTGRs) if such great resources (and the entire focus of investment) are shifted to the construction and development of current technical solutions based



on PWR technologies - Gen III + reactors and SMRs. Around the world, the possible renaissance of NPP is also based on these technologies which raises some doubt about the real future of HTGR technology and therefore the focus on research on this type of reactors still far from the level of commercialization. Regardless of this, the very issue of conducting safety analyses and also the use of PSA (as opposed to classical deterministic analyses) is certainly an important task in preparing the development of nuclear power and in this context, the attempt to prove the research hypothesis about the possibility of developing PSA with a new, innovative approach - is an interesting element of scientific research. Taking into account the above aspects, the dissertation of Mina Torabi, M.Sc. is up-to-date and deals with important problems in the energy industry.

The objectives of the work set by the author are relatively original. The scientific problem presented is topical and important, especially considering the future and safety of nuclear power.

### **3 Solving the scientific problem posed**

The scientific problem posed by the Author has been solved by incorporating the reference initiating event (DFLOC) into the PSA analysis and developing a new approach to PSA analysis for HTGR high-temperature reactors by replacing the classic PSA application of the fault tree by comprehensive simulations of the reactor life cycle, which allows, among other things, a more accurate assessment of reliability and a more comprehensive assessment of potential failure.

I would consider as original achievements of the Author of the paper:

- comprehensive application of PSA analyses for high-temperature reactors (HTGR) which was not a research issue undertaken quite often especially in Poland
- the performance of DLFOC (Depressurized Loss of Forced Coolant) analyses in a HTGR reactor by including a reference initiating event
- extending the classical PSA methodology by replacing the event tree and fault tree methodologies with extended reliability analysis and simulations of HTGR safety performance.
- Performing comparative analyses indicating potential inaccuracies of the legacy methodology in estimating safety parameters

### **4 Comments and discussion points**

As a reviewer of the dissertation, I make the following comments and discussion points (General comments and possible extension questions for the doctoral student) and a few additional minor editorial remarks (such as the description in Figures 3.27-3.29)-but no one (even advanced and experienced scientists) is ever free from such errors, and this should be treated as a natural thing when preparing a large scientific monograph. In general, the work

is edited properly albeit very sparingly in descriptions. In some cases there is a lack of key descriptions and introductions to the analyzed topic, which is perhaps natural for scientists conducting advanced deliberations in a given area, but also at the same time does not allow easy understanding of the subject matter. The use of a very large number of abbreviations (this can be seen from the volume of the table) sometimes makes it difficult to read the work fluently.

1. The paper does not show a general approach to safety analysis of modern nuclear reactors. It is advisable to show the place for PSA methodology (in particular, the differences from DSA) in the current procedure of safety analysis of nuclear reactors and its use in the Polish nuclear power construction program
2. In the paper according to the author, the analyses were carried out for the experimental High Temperature Engineer Test Reactor (HTTR) developed by the Japan Atomic Energy Agency. The paper actually does not present any representative schematic (except for one electrical and one concerning the cooling system). If possible - please describe this facility in more detail and give its basic parameters.
3. Section 3.1.1. (FEMA of HTTR electrical system) presents the results of analyses which were not, as I understand it, conducted by the author - please confirm, and it is not quite clear the purpose of their citation if they are not then properly compared to the proposed extended analyses with a changed approach.
4. The author states that the analyses were carried out using SAPHIRE software (page 38) without providing any details of this software. If this is true please provide some details and the scope of work that was done by author when using this type of software and a block diagram of the key analyses conducted using this software.
5. The author focuses in a key section on DLOFC as a reference initiating event. At the same time, there is no detailed description of the DLOFC itself in relation to other possible emergency events and the consequences of this event in HTGR reactors. Request for a post-view supplement.
6. The comparative results of the standard and revised analysis methodology (summary) in Figures 3.27-3.29 show relatively large differences between the "classical" and "advanced" approaches (in the form of overestimation for the event tree). In particular, the results obtained using the methodology proposed by the Author can be even by several orders of magnitude different (smaller) which seems very interesting for future research. However, the description itself - section 3.6 is overly parsimonious and thus difficult to analyze. Request for additional detailed description of sequences e.g. 5, 8, 10 and analysis of the results.
7. The paper focuses on HTGR reactor analyses and modifications to PSA safety analyses. In several places, some differences are described both between the safety systems themselves in HTGR and LWR reactors and the analysis methodology itself. Question - can any- of the research elements proposed by the author be used in PSA

analyses of light-water reactors (including typical commercial PWRs) or are they only applicable to HTGR-type reactors ?

8. According to the author, what is the future of HTGR reactors and their potential role in world energy ? Is it worth expanding research on HTGRs (which are in the experimental phase exclusively) in view of the renaissance of Gen III + and SMR reactors in commercial applications ?

## **5 Evaluation of the work as a dissertation**

Taking into account the content of the thesis, I conclude that the doctoral student formulated the scientific problem in a sufficiently unambiguous manner , which she then solved properly using scientific methods. In light of the above, it should be considered that the thesis presented in the dissertation has been proven.

## **6 Final conclusion**

The reviewed doctoral dissertation of Mina Torabi, M.Sc. entitled " Probabilistic Safety Assessment for High Temperature Gas-cooled Reactors" sufficiently meets the statutory requirements for doctoral dissertations contained in the relevant regulations , and in particular in the Law - Law on Higher Education and Science of July 20, 2018. (Journal of Laws 2018 item 1668) and is a solution to the scientific issue posed by the Author and proves mastery of knowledge in the scientific discipline of physics. It also confirms the ability to solve scientific problems , in view of the above, I request that the Scientific Council admit Mina Torabi, M.Sc. to the further stage of the doctoral proceedings