

K rukám proděkana pro vědeckou a výzkumnou činnost

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

České vysoké učení technické v Praze

Břehová 78/7, 115 19 Praha 1

Věc: Oponentský posudek dizertační práce Ing. Tomáše Matlochy

Vážený pane proděkane,

byl jsem požádán o vypracování oponentského posudku na dizertační práci studenta doktorského studijního programu, Ing. Tomáše Matlochy, s názvem „Positive ion extraction systém design for the U-120M cyclotron“, kterou vypracoval pod vedením prof. Ing. Ladislava Musílka, CSc. a školitele-specialisty Ing. Jana Štursy z Oddělení urychlovačů Ústavu jaderné fyziky AV ČR, v.v.i. Práce z formálního hlediska splňuje požadavky kladené na tento druh prací a je tedy možné ji přijmout k oponentuře. Práce, včetně úvodních formalit, obsahuje 131 stran, je členěna do 6 kapitol, přičemž dvoustránkové kapitoly „Úvod“ i „Závěr“ jsou také číslovány. Vlastní text práce od „Úvodu“ do „Závěru“ má 114 stran. Práce je opatřena abstrakty v českém i anglickém jazyce a obsahuje seznam 82 položek citované literatury. Student využil různé zdroje v anglickém i ruském jazyce – články v časopisech, ve sbornících z konferencí, monografie. Používá i některé online a webové zdroje, odkazuje se i na osobní sdělení jiných odborníků. Cítuje však také mnoho interních a jinak obtížně dohledatelných zdrojů, což ztěžuje čtenářům a autorovým následovníkům orientaci v tématu. Citaci wikipedie považují v rámci dizertace za zcela zbytečnou. Práce neobsahuje seznam obrázků, tabulek ani seznam symbolů, zkratek a označení; neobsahuje žádné přílohy. Seznamy obrázků a tabulek jistě čtenáři nechybí, i když jsou standardní součástí těchto typů prací, nicméně absence seznamu zkratek a symbolů je nedostatkem práce a ztěžuje čtenáři orientaci v tomto díle. Práce obsahuje 175 obrázků a grafů a také 25 tabulek. Vezmeme-li v úvahu, že práce má 114 stran, znamená to, že průměrně jsou na každé straně téměř vždy dva obrázky či tabulky. I přes toto velké množství tabulek a grafů je text práce dostatečný, je doplněn mnoha vzorci a rovnicemi, je čtivý i dostatečně odborný. Práce prošla kvalitní jazykovou a formální kontrolou a je přehledně členěna; téměř neobsahuje překlepy, gramatické ani syntaktické či slohové chyby. Úroveň anglického jazyka je velmi dobrá (dle mého subjektivního hodnocení jakožto průměrného angličtinaře). Práce je také velmi kvalitně vysázena a její formální a grafická úprava je na vysoké úrovni, téměř bez chyb. Když se snažím tyto chyby cíleně hledat, mohu snad vytknout použití obyčejných (a nikoliv pevných) mezer mezi označením Fig. či Figure nebo Tab. či Table a číslem objektu v textu, což při zarovnání do bloku často vede k nepřírozně (a nesprávně dlouhým mezerám mezi označením objektu a číslem). Autor také někdy začíná věty zkratkou či označením, což také není korektní. Jedná se však o marginální záležitosti, které nijak neruší při čtení práce a nesnižují její formální kvalitu.

Téma, kterým se doktorand zabývá, je aktuální a přínosné (pro dané pracoviště cyklotronu U-120M). Problematika dlouhodobého a efektivního provozu cyklotronu je pro ÚJF (a vědeckou komunitu v ČR obecně) velmi důležitá. Detailní optimalizace „hardwaru“ zařízení a jeho modernizace přispěje také k zlepšení parametrů vyváděných svazků (zejména kladných iontů), umožní instalaci variantního iontového zdroje a rozšíření portfolia urychlovaných částic a dokonce mírně zvýší energii protonů ve svazku při vyvedení záporných vodíkových iontů. Detailní výpočetní modely zařízení jsou kvalitním nástrojem pro studium vlivů dílčích parametrů zařízení na jeho provoz a mohou umožnit analýzu problémů vzniklých při provozu, servis i budoucí modernizace. Cílem doktoranda bylo věnovat se konkrétně návrhu soustavy pro vývoj kladných iontů za daného konkrétního urychlovače. Cíle práce však nejsou nikde v dizertaci explicitně definovány a je nutné spíše číst mezi řádky a hledat útržky textu, ve kterých se autor místy definicí svých cílů věnuje. Nemělo se jednoznačně jednat o základní či orientovaný základní výzkum, ani o výzkum aplikovaný nebo ale o konkrétní výzkum možností definovaného typu upgrade konkrétního zařízení

v konkrétním výzkumném ústavu. Práce má tedy spíše povahu inženýrského díla než vědecko-výzkumné publikace. Autor však k definovanému úkolu přistupuje velmi precizně a opravdu vědecky analyticky popisuje výchozí stav, provádí detailní počítačové simulace, modeluje možné vlivy budoucích úprav a poté navrhuje další postup. Vše staví na pevném teoretickém základě. Díky tomu je možné dílo prohlásit za vyhovující z pohledu zákona o VŠ, který praví, že dizertační práce musí obsahovat původní a uveřejněné výsledky samostatné činnosti v oblasti výzkumu nebo vývoje. Druhou část požadovanou zákonem aspirant naplnil svoji publikační činností, kterou lze dohledat v databázích SCOPUS či GoogleScholar (seznam publikací autora dizertace není součástí práce; autor v textu práce cituje pouze tři práce, u nichž je autorem nebo spoluautorem – tyto navíc neobsahují stěžejní výstupy práce studenta!).

Student se v první kapitole stručně věnuje základní teorii provozu cyklotronu, zejména s ohledem na vývod svazku. Ve druhé kapitole konkrétně popisuje zařízení U-120M. Nejedná se však o strohý popis. Kapitola je důležitým podkladem pro autorovu práci, definuje počáteční a okrajové podmínky pro studentovu práci a ukazuje na autorovu detailní znalost celého zařízení. V kapitole jsou autorem vytvořené přehlední tabulky a názorné grafy, které precizně popisují stav zařízení. Právě smysl pro detail a preciznost považuji za velký benefit autorovy práce, díky níž mohl dosáhnout kvalitních výsledků a posunout dále provoz kvalitního, ale již poměrně dosti zasloužilého a starého cyklotronu. Kapitola dokonce obsahuje i některé výsledky autorovy práce – nejsou však nijak shrnuty a vypíchnuty, čtenář je nachází tu a tam v odstavcích, kde se píše: „... navrhl jsem ...; ... realizoval jsem ...; ... bylo provedeno ...“ a podobně. Často se jedná o důležitá provozní vylepšení nebo zásadní servisní zásahy. Zejména precizní studium odchylek, nehomogenit, nedostatků vzniklých neoptimalizovaným provozem nebo poruchami či nevhodnými konstrukčními prvky, považuji za důkaz autorova vědeckého přesahu přes inženýrský přístup. Škoda, že i tento přínos autora není v práci (či jen v této kapitole) nějak komplexně zhodnocen. Zhodnocení stavu zařízení je postaveno na historických zkušenostech a detailním měření magnetického pole i geometrických parametrů. Rozsah studia nehomogenity včetně precizního modelování a měření deformací komory je obdivuhodný.

Stěžejní částí práce jsou kapitoly 4 a 5, kde autor nejprve popisuje model zařízení, poté stávající stav systému vyvedení svazku a navrhuje systém nový. Autor používá „in-house“ výpočetní kódy WModel a Durycnm a standardní programový balík SNOP. S ohledem na to, že autor při popisu dvou hlavních programů skupiny cituje veřejně nedostupné interní materiály a veřejně též téměř nedohledatelné preprinty JINR, tak považuji popis programů za příliš stručný. Není jednoduché se v popisu zorientovat a najít si k tomu dostatek podkladů. Z textu také není patrné, zda autor dizertace nějak přispěl k rozvoji těchto programů nebo zda je používal čistě uživatelsky. Na základě textu předpokládám, že student funkci programů plně rozuměl, ale neprogramoval k nim žádná vylepšení a použil je jako nástroje pro svoji práci, kterým plně důvěřoval. S ohledem na to tedy velmi oceňuji, že se aspirant plně snažil výpočetní programy verifikovat a validovat na stávajícím zařízení, pro něž vytvořil detailní modely a pro které dávají poměrně přesné výsledky. Na základě toho předpokládá, že jeho nový design vývodu svazku bude po instalaci pracovat tak, jak simulace ukazují. Provozní zkušenosti ho k tomuto opravňují. I tak bych ale ocenil vložení dílčí kapitoly konkrétně se validací věnující a hodnotící možné nedostatky modelu a nejistoty výpočtů. Různě v práci lze tyto věci nalézt, jejich centralizace by však byla přínosná pro vyšší hodnověrnost predikcí.

V páté kapitole autor detailně analyzuje stávající stav, popisuje systém řešení s dipólovou cívkou a třemi deflektory a analyzuje jejich slabiny. Každou část detailně modeluje. Na základě analýzy navrhuje nové řešení bez dipólového magnetu, pouze s dvěma deflektory a dvěma pasivními magnetickými kanály. Toto řešení je možné i díky autorovu návrhu a realizaci nových harmonických cívek, pomocí kterých je možné zvýšit extrakční poloměr, a lépe tak optimalizovat parametry elektromagnetického pole při extrakci svazku kladných iontů. Autor se sice zaměřuje zejména na svazek protonů, nicméně své návrhy vždy dává

do kontextu vyvedení i ostatních iontů včetně záporných iontů. Jejich extrakce nebude negativně dotčena a i u ní dojde k optimalizaci parametrů a dokonce ke zvýšení maximální možné energie protonů při extrakci záporných vodíkových iontů. Nový design vyvedení svazku tak dává velkou naději pro zlepšení parametrů cyklotronu U-120M a pro jeho další úspěšný provoz.

Musím uznat, že práce je kvalitním, až úctyhodným dílem – autor dokázal, že do nejmenších detailů zná zařízení U-120M, dokáže je podrobně modelovat, analyzovat stav zařízení a navrhnout na základě modelu nová funkční řešení. To prokázal při realizaci mnoho dílčích vylepšení, modernizací a servisních úkonech. Zpracování má formu spíše technické inženýrské zprávy, nicméně to je dáno zadáním práce. Student postupuje deduktivně, analyticky a komplexně a takto prokázal, že je schopen samostatné vědecké práce a zhodnocení výsledků pro praxi. Na základě studentem provedené validace programů je možné považovat zvolené metody a získané výsledky za správné.

Za největší nedostatek práce považuji absenci jednoznačné definice cílů, jichž má být dosaženo a zejména téměř chybějící srovnávání autorovy práce s mezinárodní komunitou. Rešerše problematiky a něco jako „Současný stav řešení problematiky“ v práci chybí. Z dílčích vět a mezi řádky je patrné, že autor má přehled a čas od času se objeví věta poukazující na „obdobné řešení daného problému“ na jiném urychlovači ve světě, ale komplexní zhodnocení a srovnání autorova přínosu vůči ostatním řešením ve světě chybí. Je tedy velmi obtížné hodnotit dizertabilitu, „novost“ řešení v celosvětovém kontextu a přínos autorova návrhu cyklotronové komunitě jako takové (nejen pracovišti cyklotronu U-120M, který je nesporný). Domnívám se, že aktuální přehled řešené problematiky „konkurenčními“ vědeckými skupinami ve světě by měl být vždy součástí každé vědecké práce. Autor by tento přehled měl prokázat při vlastní obhajobě práce.

Závěrem posudku konstatuji, že i přes výše zmíněné nedostatky, předložená dizertační práce splňuje požadavky na tyto práce kladené vědeckou komunitou i vnitřními předpisy ČVUT v Praze, je původní a osobitá, a i přes své výhrady doporučuji práci přijmout k obhajobě. Autor prokázal schopnost samostatné vědecké práce a své výsledky publikoval. Pokud tedy student zodpoví všechny otázky a obhájí práci před komisí, může mu být udělen titul Philosophie Doctor, ve zkratce Ph.D. uváděný za jménem.

Aspiranta žádám o vyjádření se k posudku a následujícím bodů a zodpovězení dotazů (ať již v rámci prezentace nebo v rámci následné diskuze):

1. Prosím, zhodnoťte Vaše nové řešení v kontextu obdobných zařízení používaných ve světě, jak z pohledu konstrukce, tak z pohledu parametrů. Zaměřte se zejména na účinnost podobných řešení při vývodu svazků kladně nabitých iontů.
2. Kdy bude realizace Vašeho návrhu probíhat? Co bude realizaci předcházet? Je realizace něčím ohrožena? Existují i variantní návrhy na nový extrakční systém svazku kladných iontů?
3. Prosím, zhodnoťte svůj nový návrh na extrakci svazku s ohledem na udržitelnost provozu zařízení. Dejte finanční a časovou náročnost rekonstrukce do kontextu s možnou plánovanou životností zařízení. Můj profesní život vděčí za mnohé cyklotronu v SÚJV Dubna – Fázotronu, který je ještě starší než U-120M a poskytoval přesto kvalitní a poměrně unikátní svazky protonů pro výzkum i hadronovou terapii. I když se ještě nedávno uvažovalo o jeho dalším dlouholetém provozu, tak byl vloni odstaven. Nemůže takový osud potkat i Váš cyklotron?
4. Při studiu nehomogenit magnetického pole jste objevil nehomogenitu způsobenou poškozením v centrálním regionu. Uvádíte, že nemá pravděpodobně významný vliv na urychlované svazky a ponecháváte stav tak, jak je. Oproti jiným analýzám neprovádíte ani počítačovou simulaci. Můžete, prosím, nějak podložit své tvrzení o zanedbatelném vlivu a navrhnout případnou metodiku opravy?

5. V úvodu kapitoly 5 píšete, že se podařilo navrhnout systém, který se u transparentnosti extrakce blíží 80 %. Výpočtem v tabulce 5.18 docházíte k číslu 74 %. Můžete, prosím, s ohledem na Vaše zkušenosti a s ohledem na validitu počítačových simulací, realisticky odhadnout, jak by mohla vypadat reálná účinnost vývodu svazku protonů 36,7 MeV? Může být reálná účinnost i vyšší než modelová? Jak by toho bylo možné dosáhnout?
6. I přes navrhované snížené ztráty svazku na deflektorech bude docházet k jejich vysoké aktivaci způsobující radiační zátěž pracovníků při servisních úkonech. Vámi uváděné hodnoty dávkových příkonů z deflektorů, na nichž je třeba úkony provádět, jsou alarmující. Existuje, prosím, možnost nějak míru této aktivace snížit? Je zde možná nějaká alternativní volba materiálů?
7. V práci uvádíte, že měření maximální energie protonů pomocí aktivační fólie nebylo před odevzdáním k dispozici. Jsou již data naměřena a zpracována? Prosím, představte případné výsledky a popište více tuto metodu a její nejistotu.
8. Z práce jsem nepochopil, zda nové deflektory budou nějak aktivně chlazeny. Je chlazení součástí řešení? Byl prováděn i teplotní výpočet pro různé ionty a různé účinnosti?

9.1.2029

doc. Ing. ka
ÚEEN FEKT VC

Práce byla vypracována v anglickém jazyce. Přikládám tedy autorizovaný překlad posudku:

Dear prof. Hausild,

I have been asked to prepare a review of the dissertation of a PhD student, Tomáš Matlocha, entitled "Positive ion extraction system design for the U-120M cyclotron", which he prepared under the supervision of prof. Ladislav Musílek, and supervisor-specialist Mr. Jan Stursa from the Accelerator Department of the Institute of Nuclear Physics of the CAS. From the formal point of view, the thesis meets the requirements for this type of work and can therefore be accepted for defense. The thesis, including introductory formalities, contains 131 pages, is divided into 6 chapters, while the two-page chapters "Introduction" and "Conclusion" are also numbered. The actual text of the thesis from the 'Introduction' to the 'Conclusion' is 114 pages long. The thesis is accompanied by abstracts in both Czech and English and contains a list of 82 references cited. The student used various sources in English and Russian – journal articles, conference proceedings, and monographs. He also used some online and web sources and referred to private communications from other experts. However, he also cites many internal and otherwise hard-to-find sources, which makes it difficult for readers and the author's followers to navigate the topic. I consider the citation of Wikipedia to be completely unnecessary in the context of a dissertation. The thesis does not contain a list of figures, tables, or a list of symbols and abbreviations; it contains no appendices. The reader will certainly not miss the lists of figures and tables, although they are a standard part of these types of

works, but the absence of a list of abbreviations and symbols is a shortcoming of the thesis and makes it difficult for the reader to navigate the work. The work contains 175 figures and graphs as well as 25 tables. Considering that the thesis is 114 pages long, this means that on average there are almost always two figures or tables on each page. In spite of this large number of tables and graphs, the text of the thesis is sufficient, supplemented by many formulae and equations, and is both readable and sufficiently technical. The thesis has undergone a good linguistic and formal check and is clearly structured; it is almost free of typos, grammatical, syntactical or stylistic errors. The level of English is very good (according to my subjective assessment as an average English speaker). The thesis is also very well laid out and its formal and graphic design is of a high standard, with almost no errors. When I try to look purposefully for these errors, I can perhaps criticize the use of ordinary (and not fixed) spaces between the Fig. or Figure or Tab. or Table label and the object number in the text, which when aligned in a block often leads to unnaturally (and incorrectly) long spaces between the object label and the number. The author also sometimes begins sentences with an abbreviation or designation, which is also incorrect. However, these are marginal issues that do not interfere with the reading of the work and do not detract from its formal quality.

The topic dealt with by the PhD student is topical and beneficial (for the given department of the U-120M cyclotron). The issue of long-term and efficient operation of the cyclotron is very important for the NPI (and the scientific community in the Czech Republic in general). Detailed optimization of the device's "hardware" and its modernization will also contribute to improving the parameters of the output beams (especially of positive ions), will allow the installation of a variant ion source and expansion of the portfolio of accelerated particles, and will even slightly increase the energy of protons in the beam when outputting negative hydrogen ions. Detailed computational models of the facility are a good tool for studying the effects of sub-parameters of the facility on its operation and can allow analysis of problems arising during operation, servicing and future upgrades. The aim of the PhD student was to specifically address the design of a positive ion development system under a given specific accelerator. However, the objectives of the thesis are not explicitly defined anywhere in the dissertation, and one has rather to read between the lines and look for fragments of text in which the author does define his objectives in places. It was not clearly intended to be basic or oriented basic research, nor was it intended to be applied research, but rather specific research on the possibilities of a defined type of upgrade of a specific facility in a specific research institute. The thesis is therefore more in the nature of an engineering work than a scientific research publication. However, the author approaches the defined task very precisely and in a truly scientific analytical manner, he describes the initial state, performs detailed computer simulations, models the possible effects of future modifications and then proposes a further course of action. He builds everything on a solid theoretical basis. This makes it possible to declare the work satisfactory in terms of the Higher Education Act, which states that a dissertation must contain original and published results of independent research or development activity. The second part required by the law has been fulfilled by the aspirant's publication activity, which can be traced in the SCOPUS or GoogleScholar databases (the list of publications of the author of the dissertation is not part of the thesis; the author cites only three works in the text of the thesis for which he is the author or co-author – these do not contain the main outputs of the student's work!).

In the first chapter, the student briefly discusses the basic theory of cyclotron operation, especially with regard to beam extraction. In the second chapter, he specifically describes the U-120M device. However, this is not a strict description. The chapter provides an important background for the author's work, defines the initial and boundary conditions for the student's work, and demonstrates the author's detailed knowledge of the device. In the chapter there are clear tables and illustrative graphs created by the author, which accurately describe the state-of-the-art of the device. It is this attention to detail and precision that I consider to be a great asset of the author's work, thanks to which he was able to achieve

good results and to push further the operation of a high quality, but already quite deserving and old cyclotron. The chapter even contains some of the results of the author's work – but they are not summarized and highlighted in any way, the reader finds them here and there in paragraphs where it says: "... I designed ...; ... I implemented ...; ... it was done ..." and so on. Often these are important operational improvements or major service interventions. In particular, the precise study of deviations, inhomogeneities, deficiencies caused by sub-optimized operation or failures or inappropriate design features, I consider to be evidence of the author's scientific over engineering approach. It is a pity that even this contribution of the author is not somehow comprehensively evaluated in the thesis (or even only in this chapter). The assessment of the condition of the device is based on historical experience and detailed measurements of the magnetic field and geometrical parameters. The extent of the inhomogeneity study, including precise modelling and measurement of chamber deformations, is admirable.

The main part of the thesis are chapters 4 and 5, where the author first describes the model of the device, then the current state of the bundle output system and proposes a new system. The author uses the "in-house" computational codes WModel and Durycnm and the standard software package SNOP. Considering that the author cites publicly unavailable internal materials and also publicly almost untraceable JINR preprints in describing the two main programs of the group, I consider the description of the programs too brief. It is not easy to find one's way around the descriptions and to find sufficient background information. It is also not clear from the text whether the author of the dissertation made any contribution to the development of these programs or whether he used them purely as a user. Based on the text, I assume that the student fully understood the function of the programs, but did not program any enhancements to them and used them as tools for his work, which he fully trusted. With this in mind, therefore, I very much appreciate that the aspirant has made a full effort to verify and validate the computational programs on existing equipment, for which he has produced detailed models and for which they give reasonably accurate results. On this basis, he assumes that his new harness pinout design will perform as the simulations show once installed. His operational experience entitles him to do so. Still, I would appreciate the insertion of a sub-chapter specifically addressing validation and assessing possible model shortcomings and calculation uncertainties. These things can be found variously in the paper, but centralizing them would be beneficial for increased credibility of predictions.

In Chapter 5, the author analyzes the current state-of-the-art in detail, describing the dipole coil and three deflector solution system and analyzing their weaknesses. Each part is modelled in detail. Based on the analysis, he proposes a new solution without a dipole magnet, with only two deflectors and two passive magnetic channels. This solution is also possible thanks to the author's design and implementation of new harmonic coils, with which it is possible to increase the extraction radius and thus better optimize the electromagnetic field parameters during the extraction of the positive ion beam. Although the author focuses mainly on the proton beam, he always puts his designs in the context of extracting other ions, including negative ions. Their extraction will not be adversely affected, and the parameters will be optimized and even the maximum possible proton energy will be increased for the extraction of negative hydrogen ions. The new design of the beam output thus gives great hope for improving the parameters of the U-120M cyclotron and for its further successful operation.

I have to admit that the work is a high quality, even impressive work – the author proved that he knows the U-120M equipment to the smallest detail, can model it in detail, analyze the condition of the equipment and propose new functional solutions based on the model. He has demonstrated this in the implementation of many partial improvements, upgrades and service tasks. The elaboration takes the form of a rather technical engineering report, however, this is due to the assignment of the work. The student proceeds deductively, analytically and comprehensively and in this way has demonstrated that he is

capable of independent scientific work and evaluation of results for practice. On the basis of the validation of the programs carried out by the student, the methods chosen and the results obtained can be considered correct.

I consider the biggest shortcoming of the thesis to be the absence of a clear definition of the objectives to be achieved and, in particular, the almost absence of comparison of the author's work with the international community. A review of the issues and something like "Current state-of-the-art" is missing in the thesis. It is evident from the partial sentences and when "reading between the lines" that the author has an overview and from time to time a sentence refers to "a similar solution to the problem" at another accelerator in the world, but a comprehensive evaluation and comparison of the author's contribution to other solutions in the world is missing. Thus, it is very difficult to evaluate the dissertability, the "novelty" of the solution in the global context and the contribution of the author's proposal to the cyclotron community as a whole (not only to the U-120M cyclotron workplace, which is undisputed). I believe that an up-to-date review of the issues addressed by "competing" scientific groups in the world should always be part of any scientific work. The author should demonstrate this overview during the actual defense of the thesis.

In conclusion, I state that despite the above mentioned shortcomings, the submitted dissertation meets the requirements for such theses set by the scientific community and the internal regulations of the CTU in Prague, is original and distinctive, and despite my objections I do recommend the thesis to be accepted for defense. The author has demonstrated the ability of independent scientific work and has published his results. Therefore, if the student answers all the questions and defends the thesis before the committee, he may be awarded the title of Philosophie Doctor, abbreviated as Ph.D. after his name.

I ask the aspirant to comment on the review and the following points and to answer questions (either in the presentation or in the discussion that follows):

1. Please evaluate your new design in the context of similar devices used in the world, both in terms of design and parameters. In particular, please focus on the efficiency and transparency of similar solutions in the extraction of positively charged ion beams.
2. When will your proposal be implemented? What will precede the implementation? Is there any threat to the implementation? Are there alternative proposals for a new positive ion beam extraction system?
3. Please evaluate your new beam extraction proposal with respect to the sustainability of the device operation. Put the financial and time requirements of the refurbishment in context with the potential projected lifetime of the facility. My professional life owes a lot to the cyclotron at JINR Dubna – the Phasotron, which is even older than the U-120M and nevertheless provided high-quality and rather unique proton beams for research and hadron therapy. Although it was considered for continued operation for many years until recently, it was shut down last year. Could your cyclotron suffer the same fate?
4. In studying magnetic field inhomogeneities, you discovered inhomogeneities caused by damage in the central region. You state that it is unlikely to have a significant effect on the accelerated beams and leave the situation as it is. Unlike other analyses, you do not even perform a computer simulation. Can you please provide some support for your claim of negligible effect and suggest a possible correction methodology?
5. In the introduction to Chapter 5, you write that you have been able to design a system that approaches 80% extraction transparency. By the calculation in Table 5.18 you arrive at a figure of 74%. Given your experience, and given the validity of the computer simulations, can you please

- estimate realistically what a realistic proton beam extraction efficiency of 36.7 MeV might look like? Could the real efficiency be even higher than the modelled one? How could this be achieved?
6. Despite the proposed reduced beam losses on the deflectors, there will be high activation of the deflectors causing radiation burdens on personnel during servicing operations. The dose rate values quoted by you for the deflectors to be serviced are alarming. Is there any way of reducing this activation rate? Is there perhaps an alternative choice of materials?
 7. You state in your paper that the measurement of the maximum proton energy using the activation foil was not available prior to submission of the thesis. Has the data been measured and processed? Please present any results and describe more about this method and its uncertainty.
 8. I did not understand from the paper whether the new deflectors will be actively cooled in any way. Is cooling part of the solution? Has a temperature calculation for different ions and different efficiencies been performed as well?

Karel Galinsky