



РЕЦЕНЗИЯ

ВЪРХУ ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД ЗА ПРИДОБИВАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛНА И НАУЧНА СТЕПЕН „ДОКТОР”

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Константин Любомиров Димитров

Тема на дисертационния труд: Моделиране и изследване чрез виртуално прототипиране на високоскоростни динамични процеси

Рецензент: доц. д-р инж. Валентин Атанасов Атанасов, ЛТУ – София, катедра „Дървообработващи машини“, определен за член на научното жури със Заповед №: ОЖ-5.1-21 от 17.02.2026 г. от Ректора на ТУ – София

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение

Актуалността на разглеждания в дисертационния труд проблем се определя от нарастващата необходимост от изследване и анализ на високоскоростни динамични процеси, характерни за съвременните инженерни системи и технологии. При такива процеси явленията протичат в изключително кратки времеви интервали и често са съпроводени със сложни динамични зависимости, което затруднява тяхното експериментално изследване. В този контекст методите на виртуалното прототипиране предоставят ефективен инструмент за създаване на адекватни модели и за детайлен анализ на поведението на системите при различни условия на натоварване и експлоатация. Прилагането на подобен подход съдейства за намаляване на необходимостта от многобройни и скъпоструващи физически експерименти, съкращаване на времето за разработка и повишаване надеждността на инженерните решения. Това определя дисертационния труд като актуален, а получените резултати – като значими както в научно, така и в научноприложно отношение.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Степента на познаване на състоянието на разглеждания проблем от докторанта може да бъде оценена като висока. Това се потвърждава от изготвения литературен обзор, който обхваща 123 източника, от които 2 на български език и 121 на английски език. Включените материали са актуални и отразяват съвременното развитие на изследванията в областта на моделирането и виртуалното прототипиране. Допълнително доказателство за добрата осведоменост на автора са публикуваните научни трудове по тематиката на дисертацията, в които докторантът участва като съавтор, което свидетелства за задълбочено познаване и творческа интерпретация на разглеждания научен

проблем.

Независимо от положителната оценка следва да се отбележи, че списъкът на използваната литература би могъл да бъде структуриран и оформен по-ясно, съобразно утвърдените изисквания при представяне на научни трудове.

В литературното проучване докторантът извършва задълбочен анализ на високоскоростните динамични процеси, като разглежда тяхното симулационно моделиране, съществуващите стандарти и приложението им в индустрията. Анализира състоянието на изследванията в областта на виртуалното прототипиране, включително подходите за валидиране и верифициране, както и съвременните програмни средства и инструменти за моделиране на тези процеси. В края на първата глава авторът формулира изводи, на базата на които оценява нерешените или частично решени проблеми и обосновава целта и задачите на настоящия труд.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

Целта на дисертационния труд е да се създаде работещ подход за моделиране и изследване на високоскоростни динамични процеси чрез провеждане на инженерни анализи с използване на валидирани виртуални прототипи. Така формулираната цел е логически обоснована и произтича от направените изводи в литературния обзор, като поставените задачи са насочени към нейното последователно реализиране.

За постигането ѝ докторантът разработва методология, която обхваща както изграждането на виртуални прототипи за провеждане на числени инженерни анализи, така и методология за експериментални изпитвания с цел валидация на получените резултати. Представена е последователност за създаване на изчислителен модел, включваща дефиниране на геометрията, избор на числени методи, задаване на гранични условия и натоварвания, както и анализ на динамичното поведение при високоскоростни въздействия. Този подход осигурява систематична и възпроизводима основа за изграждане на виртуални прототипи, използвани като инструмент за инженерни анализи.

Разработена е и методология за провеждане на експериментални изследвания на физически прототипи при високоскоростни динамични процеси. Разгледани са измервателните методи, начините за регистриране на кинематичните параметри и подходите за оценка, което позволява съпоставяне на експерименталните и числените резултати. По този начин се осигурява необходимата верификация и валидация на виртуалните прототипи и се гарантира достоверността на извършените инженерни анализи.

Считам, че предложената методология е в съответствие с поставената цел и задачи на дисертационния труд. Комбинираният подход, включващ числено моделиране и експериментална валидация, създава необходимите предпоставки за разработване на работещ и надежден подход за изследване на високоскоростни динамични процеси чрез валидирани виртуални прототипи.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

Дисертационният труд съдържа увод, шест глави, основни изводи, приноси, списък със свързани с него публикации, списък на основните съкращения и използваната литература. Общият обем на труда е 204 страници. С цел по-лесното

възприемане на изложението са включени 54 фигури и 5 таблици, които подпомагат по-ясното представяне на резултатите.

Уводът на дисертационния труд не е обособен като самостоятелна част, а е включен в първата глава, озаглавена „Литературно проучване“. В нея са представени общи сведения за високоскоростните динамични процеси, анализирани са възможностите за тяхното симулационно моделиране и индустриалното им приложение, както и подходите за верификация и валидация на виртуалните прототипи. Разгледани са също програмните средства, използвани за моделиране на изследваните процеси. Най-съществен принос в съдържателно отношение има частта, посветена на анализа на съществуващите изследвания в областта на виртуалното прототипиране на високоскоростни динамични процеси.

Първата глава е сравнително обемна и по мое мнение би могла да бъде представена в по-сбит и концентриран вид.

Във втора глава е формулирана концепция за моделиране и изследване на високоскоростни динамични процеси чрез виртуално прототипиране. Представена е рамка, обхващаща изграждането на изчислителен модел, избора на метод за числено решение и процедурите за верификация и валидация. Разгледани са основните изисквания при дефиниране на геометрията, материалните модели, граничните условия и настройките на анализа, както и факторите, влияещи върху точността и достоверността на резултатите.

В трета и четвърта глава е разработена методология за моделиране и изследване на високоскоростни динамични процеси чрез виртуално прототипиране и експериментални изследвания. Представена е последователност за изграждане на изчислителен модел, базиран на виртуален прототип, и провеждане на числени инженерни анализи, осигуряваща систематична и възпроизводима основа за оценка на поведението на конструкции при високоскоростни въздействия. Паралелно с това е разработена методология за провеждане на експериментални изпитвания на физически прототипи, която позволява получаване на обективна информация за реалното поведение на изследваните обекти и създава предпоставки за валидация на виртуалните модели. По този начин се осигурява връзка между численото моделиране и експерименталните резултати. Считам обаче, че по-логично би било двете глави да бъдат обединени в една обща, посветена на цялостната методология на изследването.

В последните две глави е разгледана валидацията на виртуалните прототипи чрез експериментални изследвания, като се оценява съответствието между числения модел и реалното поведение на образците. Приложението е демонстрирано чрез анализ на свободно падане на батериен модул за електрическо превозно средство, като динамичните въздействия следват стандарти ISO 16750-3 и UN/ECE-R100, разширени с допълнителни сценарии за научна оценка, осигурявайки надеждна основа за верификация на моделите.

В заключение са обобщени основните изводи от отделните глави на дисертацията, синтезирайки резултатите и постиженията на проведеното изследване.

5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд

Дисертантът маг. инж. Константин Любомиров Димитров претендира за три научно-приложни и пет приложни приноса:

Научно-приложни приноси:

1. Разработена е методология за провеждане на експериментални изследвания относно поведението на физически прототипи при високоскоростни динамични процеси.
2. Разработена е методология за изграждане на изчислителен модел за извършване на инженерни анализи на високоскоростни динамични процеси на базата на виртуален прототип.
3. Разработен е интегриран подход за валидиране и изследване на високоскоростни динамични процеси, който съчетава методологиите за виртуално прототипиране и експериментални изследвания чрез доразвитие на метода „черна – бяла кутия“ в единна логическа структура.

Приложни приноси:

1. Разработената методология е приложена успешно при реални експериментални изпитвания от тип свободно падане, включително върху опростени референтни обекти и върху физически прототип на батериен модул за електрическо превозно средство.
2. Изготвени са практически насоки за планиране и провеждане на експериментални изпитвания при високоскоростни динамични въздействия, отчитащи ограниченията, свързани с разрушителния характер на тестовете, ограничения брой прототипи и спецификите на измервателната техника.
3. Анализирано е влиянието на експерименталната техника върху възпроизводимостта на резултатите, като са идентифицирани фактори, влияещи върху ориентацията и кинематиката на падащите тела, на чиято основа са формулирани препоръки за подобряване на точността при изпитвания от тип свободно падане.
4. Чрез прилагането на валидиран виртуален прототип са осъществени потвърдителни и оптимизационни тестове на иновативно изделие – батериен модул за електрически превозни средства.
5. Извлечени са ползи за детайлната разработка и оптимизация на дизайна на изделието батериен модул в съответствие с модела „черна-бяла кутия“.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите

Не познавам лично дисертанта, но след запознаване с дисертационния труд, автореферата и представените публикации считам, че имам достатъчно основания да приема, че формулираните приноси са резултат от неговото лично участие. Начинът на представяне на разработката и съдържащите се в нея резултати дават основание да се счита, че докторантът е имал основна роля при реализирането на изследването под ръководството на научните му ръководители.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: брой, характер на изданията, в които са отпечатани

По дисертационния труд докторантът е представил четири публикации, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация. Три от тях са в сборници от конференции, а една – в научно списание. Минималният изискуем брой точки за придобиване на образователната и научна степен „доктор“, съгласно Закона за развитие на академичния състав в Република България и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в

ТУ – София (област на висше образование 5. Технически науки, професионално направление 5.1. Машинно инженерство), е 30. Сумарният брой точки от представените публикации по дисертационния труд е 41,33.

Публикациите са на добро научно ниво и отразяват съществени моменти от дисертационния труд, което спомага за успешната му апробация.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика

Резултатите от дисертационния труд допринасят за развитието на подходи за моделиране и изследване на високоскоростни динамични процеси чрез използване на валидирани виртуални прототипи. Те могат да бъдат приложени в инженерната практика при разработване и оценка на конструкции, подложени на ударни и динамични натоварвания, като подпомагат оптимизацията на изделия още на етап проектиране. Получените резултати могат да се използват и в учебния процес при подготовката на студенти от инженерни специалности, свързани с виртуално прототипиране и числено моделиране.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд

Авторефератът е с обем 30 страници и е изготвен съгласно изискванията на ТУ – София. Той представя в обобщен вид структурата, съдържанието и основните приноси на дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки

Като цяло нямам съществени забележки, с които да оспорвам постигнатите приноси на докторанта. Въпреки това ще си позволя да отбележа някои наблюдавани от мен пропуски:

- В текста на дисертацията са допуснати технически грешки, като например неточни номера на фигури и таблици;
- Част от фигурите и таблиците не са споменати в текста;
- При някои формули не са посочени размерности на използваните параметри;
- Би могло броят на главите да бъде редуциран чрез обединяване на тематично близки раздели;
- Списъкът на използваната литература не е оформен напълно съгласно библиографските изисквания.

Посочените забележки не са от такъв характер и значимост, че да променят общото ми положително впечатление за дисертационния труд. Те имат предимно редакционен и оформителски характер и биха могли да бъдат отстранени при бъдещи разработки на докторанта.

11. Заключение с ясна положителна или отрицателна оценка на дисертационния труд

В заключение смятам, че представеният ми за рецензиране дисертационен труд на тема „Моделиране и изследване чрез виртуално прототипиране на високоскоростни динамични процеси“, разработен от маг. инж. Константин Любомиров Димитров, е изготвен прецизно с умение и компетентност, третира актуален проблем и са постигнати необходимите научноприложни и приложни резултати. С това той отговаря на изискванията на Закона за развитие на

академичния състав на Република България, на Правилника за неговото приложение и на Правилника за реда и условията на придобиване на научни степени в Технически университет – София. Това ми дава основание да го оценя **ПОЛОЖИТЕЛНО**.

Позволявам си да предложа на почитаемото Научно жури да гласува положително и да присъди на маг. инж. Константин Любомиров Димитров образователна и научна степен „доктор“ по научна специалност „Автоматизация на инженерния труд и системи за автоматизирано проектиране“, в професионално направление 5.1 Машинно инженерство, област на висше образование 5. Технически науки.

09.04.2026 г.

гр. София

РЕЦЕНЗЕНТ:

(доц. д-р инж. Валентин Атанасов)



REVIEW

on a PhD Thesis for obtaining an educational and scientific degree "Doctor"

Author of the PhD Thesis: M.Sc. Eng. Konstantin Lyubomirov Dimitrov

Topic of the PhD Thesis: Modeling and Research through Virtual Prototyping of High-Speed Dynamic Processes

Reviewer: Assoc. Prof. Eng. PhD Valentin Atanasov Atanasov, University of Forestry – Sofia, Department of Woodworking Machines, appointed as a member of the scientific jury by Order №: OZh-5.1-21 of 17.02.2026 by the Rector of Technical University of Sofia

1. Relevance of the problem developed in the thesis in scientific and scientific-applied terms

The relevance of the problem addressed in the dissertation is determined by the growing need to study and analyze high-speed dynamic processes typical of modern engineering systems and technologies. In such processes, phenomena occur within extremely short time intervals and are often accompanied by complex dynamic relationships, which makes their experimental investigation difficult. In this context, virtual prototyping methods provide an effective tool for creating adequate models and for detailed analysis of system behavior under various loading and operating conditions. The application of such an approach helps reduce the need for numerous and costly physical experiments, shortens development time, and increases the reliability of engineering solutions. This defines the dissertation as relevant, and the obtained results as significant both scientifically and in terms of practical application.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and the literature material and creative interpretation of the literature used

The degree of familiarity with the current state of the problem demonstrated by the PhD candidate can be assessed as high. This is confirmed by the prepared literature review, which covers 123 sources, including 2 in Bulgarian and 121 in English. The included materials are up to date and reflect the contemporary development of research in the field of modeling and virtual prototyping. Additional evidence of the author's good awareness is provided by the published scientific papers related to the dissertation topic, in which the PhD candidate participates as a co-author, indicating an in-depth understanding and creative interpretation of the scientific problem under consideration.

Despite this positive assessment, it should be noted that the list of references could be structured and formatted more clearly in accordance with established requirements for the presentation of scientific works.

In the literature review, the PhD candidate performs a thorough analysis of high-speed dynamic processes, examining their simulation modeling, existing standards, and

their application in industry. The state of research in the field of virtual prototyping is analyzed, including validation and verification approaches, as well as modern software tools and instruments for modeling these processes. At the end of the first chapter, the author formulates conclusions on the basis of which unresolved or partially resolved problems are identified, and the aim and objectives of the present work are justified.

3. Compatibility of the chosen research methodology and the set purpose and objectives with the achieved contributions of the PhD thesis

The aim of the dissertation is to develop a workable approach for modeling and studying high-speed dynamic processes by conducting engineering analyses using validated virtual prototypes. The formulated aim is logically justified and follows from the conclusions drawn in the literature review, while the defined tasks are directed toward its consistent implementation.

To achieve this aim, the PhD candidate develops a methodology that includes both the creation of virtual prototypes for numerical engineering analyses and a methodology for experimental testing intended to validate the obtained results. A sequence for creating a computational model is presented, including definition of geometry, selection of numerical methods, specification of boundary conditions and loads, as well as analysis of dynamic behavior under high-speed impacts. This approach provides a systematic and reproducible basis for building virtual prototypes that can be used as a tool for engineering analyses.

A methodology for conducting experimental investigations of physical prototypes under high-speed dynamic processes is also developed. Measurement methods, approaches for recording kinematic parameters, and evaluation procedures are discussed, allowing comparison between experimental and numerical results. In this way, the necessary verification and validation of the virtual prototypes are ensured, and the reliability of the performed engineering analyses is guaranteed.

I believe that the proposed methodology is consistent with the stated aim and objectives of the dissertation. The combined approach, including numerical modeling and experimental validation, creates the necessary prerequisites for developing a workable and reliable approach for studying high-speed dynamic processes through validated virtual prototypes.

4. Brief analytical description of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the PhD thesis are based

The dissertation consists of an introduction, six chapters, main conclusions, contributions, a list of related publications, a list of main abbreviations, and references. The total length of the work is 204 pages. To facilitate understanding, 54 figures and 5 tables are included, supporting a clearer presentation of the results.

The introduction is not presented as a separate section but is incorporated into the first chapter entitled "Literature Review." This chapter provides general information on high-speed dynamic processes, analyzes the possibilities for their simulation modeling and industrial applications, and discusses approaches for verification and validation of virtual prototypes. Software tools used for modeling the studied processes are also reviewed. The most significant contribution in terms of content is the part devoted to the analysis of existing research in the field of virtual prototyping of high-speed dynamic processes.

The introductory part is relatively extensive and, in my opinion, could be presented

in a more concise and focused form.

The second chapter formulates a concept for modeling and studying high-speed dynamic processes through virtual prototyping. A framework is presented covering the development of a computational model, the selection of numerical solution methods, and the procedures for verification and validation. The main requirements for defining geometry, material models, boundary conditions, and analysis settings are discussed, along with factors influencing the accuracy and reliability of the results.

The third and fourth chapters develop a methodology for modeling and studying high-speed dynamic processes through virtual prototyping and experimental research. A sequence for building a computational model based on a virtual prototype and performing numerical engineering analyses is presented, providing a systematic and reproducible basis for evaluating the behavior of structures under high-speed impacts. In parallel, a methodology for experimental testing of physical prototypes is developed, allowing objective information to be obtained about the real behavior of the studied objects and creating prerequisites for validation of the virtual models. In this way, a link between numerical modeling and experimental results is established. However, I believe that it would be more logical for these two chapters to be combined into a single chapter devoted to the overall research methodology.

The last two chapters examine the validation of virtual prototypes through experimental investigations, assessing the correspondence between the numerical model and the actual behavior of the specimens. The application is demonstrated through the analysis of the free fall of a battery module for an electric vehicle, with dynamic impacts following ISO 16750-3 and UN/ECE-R100 standards, extended with additional scenarios for scientific evaluation, thus providing a reliable basis for model verification.

In the conclusion, the main findings from the individual chapters of the dissertation are summarized, synthesizing the results and achievements of the conducted research.

5. Scientific and/or scientific-applied contributions of the dissertation

The PhD candidate, M.Sc. Eng. Konstantin Lyubomirov Dimitrov, claims 3 scientific-applied and 5 applied contributions:

Scientific-applied contributions:

1. A methodology has been developed for conducting experimental research to study the behavior of physical prototypes under high-speed dynamic processes.
2. A methodology has been developed for building a computational model for engineering analyses of high-speed dynamic processes based on a virtual prototype.
3. An integrated approach for validation and investigation of high-speed dynamic processes has been developed, combining the methodologies of virtual prototyping and experimental research through further development of the "black–white box" method into a unified logical structure.

Applied contributions:

1. The developed methodology has been successfully applied in real experimental free-fall tests, including simplified reference objects and a physical prototype of a battery module for an electric vehicle.
2. Practical guidelines have been prepared for planning and conducting experimental tests under high-speed dynamic impacts, taking into account limitations

related to the destructive nature of the tests, the limited number of prototypes, and the specifics of the measuring equipment.

3. The influence of experimental techniques on the reproducibility of results has been analyzed, and factors affecting the orientation and kinematics of falling bodies have been identified, on the basis of which recommendations for improving accuracy in free-fall tests have been formulated.

4. By applying a validated virtual prototype, confirmatory and optimization tests of an innovative product, namely a battery module for electric vehicles, have been carried out.

5. Benefits have been derived for the detailed development and optimization of the battery module design in accordance with the "black–white box" model.

6. Assessment of the degree of personal involvement of the PhD student in the contributions

I do not personally know the PhD candidate, but after reviewing the dissertation, the abstract, and the submitted publications, I believe there are sufficient grounds to accept that the stated contributions are the result of his personal involvement. The manner in which the work is presented and the results contained therein suggest that the PhD candidate had a leading role in carrying out the research under the supervision of his advisors.

7. Evaluation of dissertation publications

Four publications related to the dissertation have been presented by the PhD candidate, indexed and abstracted in internationally recognized scientific databases. Three of them are published in conference proceedings, and one in a scientific journal. The minimum required number of points for obtaining the educational and scientific degree "Doctor," according to the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the regulations of Technical University of Sofia (field of higher education 5. Technical Sciences, professional field 5.1. Mechanical Engineering), is 30. The total number of points from the presented publications related to the dissertation is 41.33.

The publications are of good scientific quality and reflect essential aspects of the dissertation, which contributes to its successful dissemination and validation.

8. Using the results of the PhD thesis in scientific and social practice

The results of the dissertation contribute to the development of approaches for modeling and studying high-speed dynamic processes through the use of validated virtual prototypes. They can be applied in engineering practice in the development and evaluation of structures subjected to impact and dynamic loads, supporting product optimization at the design stage. The obtained results may also be used in the educational process for training students in engineering disciplines related to virtual prototyping and numerical modeling.

9. Assessment of the compliance of the abstract with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of reflecting the main points and contributions of the PhD thesis

The abstract is 30 pages long and has been prepared in accordance with the requirements of the Technical University of Sofia. It presents in a concise form the structure, content, and main contributions of the dissertation.

10. Opinions, recommendations and notes

Overall, I do not have any major comments that would challenge the contributions achieved by the PhD candidate. However, I would like to note some shortcomings observed:

- The dissertation text contains technical errors, such as incorrect numbering of figures and tables;
- Some figures and tables are not mentioned in the text;
- In some formulas, the units of the parameters used are not specified;
- The number of chapters could be reduced by merging thematically related sections;
- The list of references is not fully formatted in accordance with bibliographic requirements.

The above remarks are not of such nature or significance as to change my overall positive impression of the dissertation. They are mainly editorial and formatting issues and could be addressed in future work by the PhD candidate.

11. Conclusion with a clear positive or negative assessment of the dissertation work

In conclusion, I believe that PhD thesis submitted for review on the topic "Modeling and Research through Virtual Prototyping of High-Speed Dynamic Processes", developed by M.Sc. Eng. Konstantin Lyubomirov Dimitrov, has been prepared precisely with skill and competence, treats an actual problem and the necessary scientific-applied and applied results have been achieved. With this, it meets the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff of the Republic of Bulgaria, the Regulations for its Application and the Regulations for the Order and Conditions of Acquiring Scientific Degrees at the Technical University of Sofia. This gives me reason to evaluate it **POSITIVELY**.

I take the opportunity of proposing to the honorable Scientific Jury to vote positively and award M.Sc. Eng. Konstantin Lyubomirov Dimitrov educational and scientific degree "Doctor" in scientific specialty "Automation of engineering work and systems for automated design", in professional field 5.1 Mechanical engineering, field of higher education 5. Technical sciences.

09/04/2026

Sofia

REVIEWER:

(Assoc. Prof. Eng. PhD Valentin Atanasov)