

Справка

за приносите към развитието на науката и на най-важните постижения и тяхното значение за развитието на науката и културата за материалното и духовното обогатяване на българския народ и българската държава

на проф. дн инж. Георги Тодоров

Основните приноси към науката на проф. Тодоров се изразяват в развитието и налагането на нови инженерни стратегии за проектиране и технологични методи и подходи за висока динамика на иновациите, като се прилага 3D виртуално прототипиране и адитивни методи за бързо производство и персонификация на продуктите, виртуални симулации и параметрична и топологична оптимизация, на дигитални близнаци и кибер-физични системи и особено на системи с елементи на изкуствен интелект.

Проф. Георги Тодоров е автор и съавтор на над **240 научни труда**, от които **6 монографични труда**, **77 публикации в международни издания** и **56 в SCOPUS и WoS**, 12 доклада, представени на конференции, симпозиуми и конгреси в чужбина и 25 у нас.

За последните пет години проф. Георги Тодоров е автор и съавтор на **59 научни труда**, от които **3 монографични труда**, **8 публикации в международни издания** и **40 в SCOPUS и WoS**, 3 доклада, представени на конференции, симпозиуми и конгреси в чужбина и 5 у нас.

Научните резултати на Проф. Тодоров имат добро признание в чужбина.

Документирани са над 140 цитирания на негови трудове, като 96 са в индексираните бази данни <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203998134> и над 30 в др. източници.

Проф. Тодоров е автор и съавтор на **81 изобретения**. **27 от тях са с международна регистрация в съавторство с шест изобретатели от центрове**

и компании от Европа и САЩ, като “Световен Патент”, Европейски патент, Патент на САЩ, Китай, Япония и др. което демонстрира интернационалния характер на иновационната и изобретателска дейност.

Открити са и 10 цитирания на международни изобретения в световните патенти бази данни.

Съдържащите се в трудовете научни и научно-приложни приноси могат да бъдат отнесени към следните групи:

А) Формулиране(обосноваване) на нова хипотеза

1. Разработена е нова интегрална методология за ефективно създаване на иновативни продукти и процеси чрез бързо вариантното композиране с принципите на модулното изграждане чрез преизползваемост на компоненти, целящ голяма гъвкавост и ефективност на продуктовете и процесната организация в целия жизнен цикъл на продукта;
2. Предложен е нов метод, наречен „БЯЛА - ЧЕРНА КУТИЯ“ за подобряване на ефективността и ефикасността на виртуалния прототип(ВП), разглеждан като „бяла кутия“ чрез обратна връзка с данни от тестове с физическите прототипи (по модела „черна кутия“) и организиране на вътрешен симулационен микро цикъл за фина калибрация в итеративна свързаност и „самообучение“;
3. Предложен е нов “LL” метод за развитие на иновативен продукт, основаващ се на еволюционно изграждане на виртуалния прототип и фрагментарно на физическите прототипи, при който процесът на развитие върви хибридно и успоредно – концепцията и архитектурата „от горе на долу“, виртуалният прототип „от долу на горе“, а физическият прототип – фрагментарно по нива;
4. Формулирана е нова хипотеза за прилагане на квази резонансен принцип на работа в ударни механизми с нелинеен елемент. Разработен и апробиран е нов принцип и метод на работа на пневматично-вакуумни механизми за ударни системи, функциониращи в квазирезонансен режим с повишена ефективност на енергията на удара. Предложеният метод и конструкция са защитени с български (BG110260 (A) — 2010-06-30) и световен патент (WO 2009/036526 A1) , а изделия с тази система на работа променят този клас продукти в световен мащаб и се продават в над 50 страни по света;
5. Предложен е матричен подход за дефиниране на функционалната архитектура на комплексни продукти с разпределяне на необходимите

функции между основните системи в три итеративни стъпки. Матричният подход е валидиран и успешно внедрен в производствени условия във фирма NEXEN LiftTrucks/ UK и LSY Taiwan при създаване и внедряване на модулно базирана фамилия от девет големина мотокари с товароносимост 1,5 до 5,5 тона;

6. Развит е метод за предварителна оценка на нивото на доверие в резултатите от мултифизични симулации с виртуален прототип (ВП) чрез обратна връзка с измерени параметри от физически тестове, като са предложени три възможни подхода за оценка на степента на достоверност на резултатите от виртуалните прототипи – начален, междинен и финален.
7. Формулирана е стратегия и хибриден подход наречен “W цикъл” за концепиране, изследване, виртуално моделиране, проектиране и оптимизиране чрез комбиниране на методите и технологиите на Виртуалното Прототипиране (ВП) в низходящ порядък с Физическо Прототипиране (ФП) на съответните нива във възходящ порядък. След осъществяване на пълния цикъл от първата „V” фаза ВП/ФП и верификация на отделните нива се налага втора „V” фаза за отчитане на смесените влияния във ВП, установени при цялостната верификация на физическия прототип от първата „V” фаза. Формулираият хибриден подход за двуфазно прилагане на „V” модела, наречен от автора “W цикъл”, отразява в много по-пълна степен стратегията при създаване на нов или основно преработен продукт, (Трудове 1, 4, 26 и 27);
8. Обоснована е нова хипотеза за оценяване надеждностните показатели на елементите на сложни изделия и системи в етапа на проектиране чрез виртуален прототип, като основен критерий за баланс на техническите и икономическите показатели на продукта във всички етапи от жизнения му цикъл. На тази основа е предложена стратегия и концептуален подход за проектиране на сложни изделия и системи, основан на оценяване надеждностните им показатели, (Трудове 16 76 и 80);

Б) Доказване с нови средства на съществени нови страни на съществуващи теории, методи и подходи

9. Обосновано е комплексното понятие „виртуален прототип”, което обхваща редица известни компютърни модели, но в допълнение отчита

тяхната вазимосвързаност при симулиране на поведението на сложни системи в етапа на проектиране. Изследвани са възможностите на Виртуалните прототипи, тяхната приложимост и ефективност на всички етапи от проектния цикъл на сложни продукти и системи, (Трудове 1, 4, 11, 38, 69, 76, 83);

10. Разработен е теоретичен подход за модулно изграждане при проектиране на производствени системи (лазерни, плазмени и с водна струя с високо налягане високоскоростни системи, модулни металорежещи машини, ръчни електро инструменти и др.) с цел повишаване ефективността на процеса на бързото им композиране и адаптация към потребностите на клиента и висока конкурентно способност по отношение на себестойност и съкратени срокове на доставка (Трудове 1, 7, 9, 10, 68) .
11. Обоснован е интегриран подход за компютърно проектиране и дизайн на мехатронни изделия, разработен на базата на системен мехатронен подход за генериране на виртуалния прототип и верификация с физически прототипи на ниво възли на първоначално зададените изисквания. Този интегриран подход позволява бързо разработване на варианти с интеграция на параметрите на системата за управление, тяхното оценяване, избор на оптимален вариант и цялостно оформяне на изделието, (Трудове 1, 4, 14, 72 , 77 и 93).;
12. Създаден е системен подход за моделиране и оценяване надеждностните показатели на машиностроителни изделия в етапа на проектирането им базиран на виртуални прототипи, даващ възможност за обоснован избор на конструктивни решения, (Трудове 16, 67 и 80) или на технологични процеси и системи, (Трудове 31, 62, 75 и 76);
13. Разработен е подход за изготвяне на анализ на отказите, техните ефекти и критичност (Failure mode, effects, and criticality analysis - FMECA) в етапа на проектиране, ползващи разработеният функционален структурно-надеждностен модел. Осъществен е анализ на риска при настъпване на отказ, на примера на повдигателно съоразение с артикулираща кинематика, (Трудове 76, 83 и 89);
14. Разработен е подход за виртуално прототипиране на микро електромеханични системи (MEMS) от тип „микро актуатори“. Тук са симулирани, изследвани и оптимизирани магнитни полета и процеси, като е апробиран и практически доказан разработения от автора подход, базиран на изграждане на виртуални процесни прототипи за

микро системи с отчитане на размерните ефекти, (Труд 74, 78, 82, 88 и 90);

15. Предложен е комбиниран набор критерии за оценяване на ефективността на технологиите за бързо прототипиране- RP чрез три критерия: по-добро качество на изделието; скъсяване на времето за излизане на пазара; цена, което съществено намалява разходите за създаване и производство най-вече на микро изделия в малки и средни серии, респективно иновациите и инвестициите за изделия, произвеждани в по-големи серии, (Трудове 19, 25, 40, 41 и 53);
16. Предложен и валидиран е нов метод за изграждане на импланти, базиран на компютърна томография, 3D реконструкция и създаване на 3D модел на изследваната област на челюстта, виртуално изграждане и адитивно изработване на физически персонален субпериостален имплант.
17. Разработена и апробирана в клинични условия е иновативна методика за създаване на персонализирани лицево-черепни импланти на основата на обработка на томографски изображения и реконструиране на костната система с тримерно моделиране на липсващите части (с използване на огледална трансформация от съществуващата част на костта от другата половина на черепа), междинно прототипиране от полимер за „проба при пациента“ и ефективно планиране на операцията.

Редица научно-приложни и иновативни решения са достигнали до световните пазари (пример иновативната патентована (BG104955 (U) — 2002-05-31 BG618 (Y1) и WO 2006/103558 A1) от Тодоров и колектив SDS Мах система за захващане на инструмента е световна новост, удостоена с редица награди,(златен медал от Международен пловдивски панаир и други, виж приложението), като намират реализация в производствените листи на много модели на фирмите SPARKY ELTOS, Metabo и др.

Развитата под ръководството на проф. Тодоров съвместно с фирма NEXEN LiftTrucks/ UK модулно изградена фамилия мотокари от ниво концепция, 3D проектиране, пълни изчисления и оптимизация, подготовка на работна документация (повече от 4000 оригинални елемента са конструирани и подготвени за производство в Тайван), е изключително мащабна и комплексна задача за инженерната наука и проектантската работа(изцяло проектирана тримерно и подготвена пълна работна

документация от екип от 7 човека) за изключително кратки за тази индустрия в световен мащаб срокове и координация на екипи от България, Обединеното Кралство и Тайван (с отчитане на времевите разлики и комуникационни трудности) е постижение за българската инженерна школа от световно ниво. Внедрената в производство в Тайван фамилия се предлага в над 30 страни по света-един пример за приложна наука в действие.

Пионерна интердисциплинарна област в която проф. Тодоров има голям принос е създаването и изработването на персонални медицински импланти и тяхното прилагане в редица животоспасяващи случаи.

Проф. Тодоров има 47 участия с научни доклади на форуми в чужбина и у нас (пленарни и др.) за периода 1995 -2024 г.

Той е председател на редколегията(главен редактор) на списание „Машиностроене и машинознание“, от 2017 г., член на редколегията на списание „Механика на машините“, от 2010 до 2017 г.

- член на редколегията на IUTAM Bookseries „Symposium on Intelligent Multibody Systems-Dynamics, Control, Simulation“, Springer © 2019

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-00527-6>

- Проф. Георги Тодоров е член на NAFEMS EE Steering Committee (EESC) на международната организация NAFEMS (International Association for the Engineering Modelling, Analysis and Simulation) Community от 2014 г.

<https://www.nafems.org/about/regional/eastern-europe/members/>

- член на световната организация по математика и механика-GAMM (Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V.) International Association of Applied Mathematics and Mechanics от 2019 г. <https://www.gamm.org/>

Проф. Тодоров е ръководил 6 международни изследователски проекта, финансирани от „Седма рамкова програма“ „Хоризонт 2020“ и „Хоризонт Европа“ и “Мари Кюри” и над 20 международни индустриални проекти с партньори от Европа, Съединените Щати и Далечния изток като CMS Srl, Italy, Deltica, USA, Genmark Automation, USA, Mantovanibenne Srl, Italy, Nexen Lift Trucks Ltd., UK, VISTEON (JCI), Bulgaria/France, SIGUREN Ingénierie, France, Sensata Technologies/Sensor-Nite Industrial, Bulgaria/Holland, Texas Institute of Science, USA, Vi TECHNOLOGY, France и др. на обща стойност над 1,5 млн. лв.

Тази значителна по обем и със световно ниво експертиза, както и натрупаният инженерен опит имат съществено въздействие на креативната и иновационна екосистема и при подготовката на инженери в ТУ София чрез интернационализация на изследователския капацитет. Също се осигурява трансфера на технологии към Партньорските организации и към МСП в страната на базата на създадената инженерна школа.

Той е ръководил над 24 проекта и програми общонационално значение с ФНИ (Фонд Научни Изследвания) към Министерство на Образованието и Науката, Национален Иновационен Фонд към Изпълнителната агенция за насърчване на малките и средните предприятия (ИАНМСП)/ МИР, институции и бизнес организации (виж приложен списък), допринасяйки за повишаване на иновативния капацитет и създаване на условия за иновативна развойна дейност на българските изследователи и която ще осигури изпълнение на стратегията за устойчиво развитие на фирмите, основаващо се на разширяване на иновативния и експортния потенциал.

Само за последните пет години са осъществени деветнадесет (19) проекта с общонационално значение с негово (7) участие и под негово ръководство (12 броя и са ни привлечени средства за над 2 700 000 лв.

Общо под ръководството на проф. Тодоров са привлечени над 23 000 000 (милиона) лв.

Активно е ангажиран и е водещ експерт по темата за Зеления преход в България на ниво държавни органи. Той е член на работната група по изготвяне на националната „Стратегия за устойчиво енергийно развитие до 2050“, което допринася за изградената му научна експертиза да бъде полезна за взимане на стратегически решения за страната. Колектив от ТУ София, МГУ и “Енергиен Системен Оператор” с ръководител проф. Тодоров обоснова и мотивира издигане в стратегия за зеления енергиен преход на страната стартиране на два нови ПАВЕЦ (Проектите ПАВЕЦ „Батак“ и ПАВЕЦ „Доспат“ – концепция от стратегическа важност за развитието на зелената енергетика и възможност България да бъде водеща в енергийния баланс на Балканите, като това ще осигури дългосрочни ниски и прогнозируеми цени на електроенергията с висок ефект върху икономиката на страната ни.

Проф. Тодоров има и значителен принос в областта на образованието. Той е създал три нови научни направления в учебната и

изследователската работа на ТУ София и Факултет по Индустриални Технологии (бивш Машинно-технологичен Факултет) – „Виртуално инженерство“ и „Персонални импланти“, „Интелигентни системи и изкуствен интелект“.

За последните пет години самостоятелно създава и е титуляр на 7 учебни курса, три от които на английски език, които е обезпечил с 3 учебника и учебни пособия. Активен участник е в работата на Факултета за английско инженерно обучение като преподавател по дисциплините „Индустриални производствени системи“ 1 и 2 част и е член на ФС на същия факултет.

Проф. Тодоров е основател и ръководител на редица нови лаборатории и центрове:

- Научно изследователска лаборатория „CAD/CAM/CAE технологии в индустрията“, Факултет по Индустриални Технологии, ТУ София, която работи вече повече от 30 г., има над 10 членен екип и представлява научно и изследователско ядро на направления 3D и CAD/CAM/CAE технологиите в страната.
- Основател и ръководител е на „Център за виртуално инженерство - Проф. д-р Илия Бояджиев“ с университетски статут, който включва пет лаборатории от 4 факултета.
- От 2010 в изпълнение на проект с MOMH под ръководството на Г. Тодоров е създаден университетски „Център за върхови постижения“ в областта на виртуалното инженерство, микро технологиите и енергийното рекуперирание с участници от 5 факултета на ТУ София.
- Изграден е „Университетски изследователски комплекс“ с петгодишно финансиране от ФНИ и над сто участници от ТУ София и привлечени партньорски организации от БАН(Институт по механика) и ХТМУ.
- Той е съосновател на лаборатория към ТУ София в областта на имплантологията в ТУ София съвместно с екип от УМБАЛСМ "Н.И.Пирогов";
- Основател и ръководител на Лаборатория „3D кретаивност и бързо прототипиране“ към СНИРД на „София ТехПарк“ (<https://sofiatech.bg/activities/laboratories/laboratoriya-za-3d-kreativnost-i-barzo-prototipirane-na-novi-produkti/>).

Създадените лаборатории, най-модерна изследователска инфраструктура и обучени експерти, включително в интердисциплинарни области като имплантологията, имат съществен принос за развитието и

постиженията на науката в България, постиженията на БАН, университетите и висшите училища, а така също и на българската индустрия, здравеопазването и иновационна екосистема у нас и в чужбина.

Особено важен принос към инженерните науки в България е създаването на научна школа в областта на компютърните технологии и методите и средствата на виртуалното инженерство за проектиране, моделиране, симулиране оптимизация и прототипиране на продукти и процеси, както и в областта на имплантологията, което се доказва от защитили под негово ръководство 17 докторанти (трима от които чуждестранни) и обучавани общо 41 докторанти.

Под ръководството на проф. Тодоров е създадена екипна и устойчива научно изследователска школа в ТУ София и в лицето на партньорските университети – ТУ Габрово, ТУ Варна, МГУ и ХТМУ с голямо социално и икономическо въздействие. Създаденият и ръководен от проф. Тодоров екип от над 40 експерта през годините (един професор, трима доценти и 4 гл. асистенти) са с висока компетентност и експертиза е насочил своите усилия към нуждите на образованието и индустрията за ефективен трансфер на технологии в икономиката на знанието за подобряване на конкурентоспособността на българската бизнес среда и за изграждане на ново поколение инженерен елит на страната, готов за предизвикателствата на следващите десетилетия.

Предложените от проф. Тодоров нови технологии и решения дефинират нови знания за процесите на концепиране, развитие, валидация, индустриализация, производство, поддръжка и рециклиране на продуктите в техния жизнен цикъл. Важен елемент е намаляване на инвестиционните и пазарните рискове при създаваните иновации чрез използване на методите и средствата на виртуалното инженерство за проектиране на ефективни процеси и продукти с голяма добавена стойност. Тези предизвикателства определят и основните приноси към науката на проф. Тодоров, които се изразяват в създаване на инженерна школа в областта на виртуалното прототипиране в развитието на иновативни продукти и процеси. Проф. Тодоров създава и нова за страната ни интердисциплинарна школа (инженерни науки и медицина) в областта на имплантологията – чрез развитие на методи и цялостни решения за изграждане и производство чрез технологиите за бързо производство на костни и зъбни персонализирани импланти, често с животоспасяващ ефект.

Създаването на Национален Център за Върхови Постижения по “Мехатроника и чисти технологии”, който е най-глемият в страната съвместен проект на 11 института на БАН, Софийски Университет и ТУ София и партньори с финансиране от 69 184 529 лв. Беподготвено и осъществено от екип на БАН, Софийски Университет и ТУ София с активната роля и дейност на проф. Тодоров, който бе координатор за ТУ София. Този проект е знаков за новото ниво на сътрудничество и синергия между Университетите и БАН и дава нов импулс за колаборация и съвместна изследователска и образователна дейност. В момента се подготвя следващ етап на този проект за следващия програмен период за подпомагане на Националния Център за Върхови Постижения по “Мехатроника и чисти технологии” с хоризонт 2029 г. отново в пълна интеграция на екипите университетските партньори и на 11 института на БАН което ще даде нова дългосрочна перспектива на изследванията и синергията между университетите и БАН в интерес на науката, образованието и обществото в България. Проф. Тодоров е в момента член на УС и ротационен управител на Националния Център за Върхови Постижения по “Мехатроника и чисти технологии”.

05.06.2024, София

Проф. дн инж. Георги Тодоров.....