

THE ROLE OF FRICTION IN MACHINES⁸

Prof. Mitko Nikolov, DSc

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies

University of Ruse "Angel Kanchev", Bulgaria

Tel.: +359 82 888 458

E-mail: mnikolov@uni-ruse.bg

Abstract: *The article presents the role of friction in machinery. The advantages and disadvantages of friction for the durability of friction pairs in machines. The types of friction in the machines, the conditions for their realization in the various mechanisms of the machines are considered. Means of reducing frictional wear in machinery are presented. Friction is necessary in our life as well as in machines. The problem of friction, wear and lubrication of machines and equipment, besides being purely technical, is also an economic problem on a national scale.*

Keywords: *friction, wear and tear,*

ВЪВЕДЕНИЕ

Нашият живот е свързан с движение в различни среди: по суша, въздух и вода. Най-простата форма на това движение е механичното преместване. Без триене, нито хората и животните, нито транспортните средства (автомобили, трактори, самолети, кораби и др.) могат да се предвижват по земята, тъй като при движението те имат нужда от отблъскване от земята. Триенето ни дава възможност да ходим, да седим и да работим, без да се страхуваме, че книгите и тетрадките ще паднат от масата, че масата ще се плъзне, по пода. Триенето подпомага стабилността.

С триенето са свързани някои интересни факти:

- Въпреки, че колелото се използва за намаляване на триенето, то не би работило без триене;
- Едно вълнуващо нещо е, че се генерира статично електричество при триене;
- Трудно е да се ходи по леда, тъй като има ниско триене, но без усилие можем да се предвижваме с кънки и шейни по леда;
- Ходенето при силен вятър е доста трудно, защото съпротивлението на въздуха е много по-голямо от силата, приложена от крака ни. Следователно ускорението е намалено;
- Състезателите с мотори се прилепят към мотора, за да намалят триенето на въздуха, това им помага да карат по-бързо;
- Ще почувствате топлина, когато търкате ръцете си поради триенето;
- Ако двете грапави повърхности се притиснат, триенето им е по-силно. Така, че е необходима повече сила, за да се преодолее това триене.

Триенето ни съпътства навсякъде, носейки осезаема вреда или голяма полза. Представете си, че триенето е изчезнало. Учуденият наблюдател ще види: как планините се рушат, дърветата се изкореняват сами от земята, ураганните ветрове и морските вълни безкрайно доминират над сушата. Всички тела се плъзгат на някъде, машините се разпадат на отделните си части, защото болтовете не изпълняват своята роля без триене, невидима сила би разрушила всички връзки в тъканите и постройките (Бекана 2020; Кангалов 2019; Кангалов 2012; Кангалов и др. 2012; Valov i Valova 2020).

Триенето присъства в много от явленията около нас, играейки двойна роля. Как автомобилът ускорява и каква сила го забавя при спиране? Защо колата „се плъзга“ по хлъзгав път? Какво причинява бързото износване на детайлите? Защо колата, след като е ускорила до

⁸ Докладът е представен на научната сесия на секция „Ремонт и надеждност“ на 28 октомври 2022 г. с оригинално заглавие на български език: РОЛЯТА НА ТРИЕНЕТО В МАШИНИТЕ

високи скорости, не може да спре рязко? Как се държат растенията в почвата? Защо е трудно да държите жива риба в ръка? Как можете да обясните високия процент наранявания и пътнотранспортни произшествия при заледени условия през зимата? През зимата, когато пътят е особено хлъзгав, той се поръсва с пясък, почиства се от лед. Триенето спира автомобила, но без триене, той не може да започне да се движи.

Триенето се използва широко в процеса на заточване на инструменти, обработване и полиране на повърхностите на метали, стъкло, диаманти, дърво и други материали. То осигурява закрепване на различни материали един към друг, накрайници за инструменти, различни устройства, структури и др. Благодарение на триенето между нишките тъканите не се разделят, чуковете, лопатите и други инструменти се закрепват върху дръжките си. Триенето помага на човек да държи предметите в ръцете си (Marinov end all 2019; Nikolov 2019; Димитров 2019; Деликостов 2020).

Целта на настоящата работа е изясняване ролята на триенето в машините и човешкия живот като цяло.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В човешкия живот природата и техниката триене е от голямо значение. В някои случаи триенето може да бъде полезно и да се опита да го увеличим, в други случаи триенето може да бъде вредно следователно се стреми да го намалим (Alipiev end all 2018; Todorov 2013; Todorov 2017). Предимствата и недостатъците за хората от триенето са следните:

Предимства.

- Трудно е да се ходи по хлъзгав път поради ниско триене. Когато човек се движи по лед, става трудно да се ходи поради ниското триене на леда с обувката. Триенето между подметката на обувката и повърхността на пода предотвратява плъзгането;

- Метеоролозите са установили, че триенето намалява скоростта на вятъра близо до повърхността на земята. Пресеченият терен, дървета и сгради създават триене, което намалява скоростта на вятъра. Триенето също така подпомага повърхностните въздушни маси да се сливат и да се издигат, което спомага на цикъла на образуване на дъжда;

- Триенето между краката на животните и земята улеснява бягането и разходката. Всъщност, без триене, животните биха имали затруднения да стоят прави на краката си. Това е като сцената на някой, който се плъзга по бананова кора, ако няма триене, хората и животните не могат да ходят;

- В ежедневието триенето между пътя и гумите на автомобила помага на водача да контролира скоростта и посоката на автомобила. Чрез задействане на спирачките и повишеното триене в тях автомобила се забавя и спира;

- Триенето също прави писането на хартия възможно. Когато се използва молив или химикал. Триенето на молива по хартията предизвиква оставането на следа с която пишем. Когато се използва химикалка, триенето завърта сферата при което се освобождава мастило оставящо следа с която пишем;

- Метеоритите и кометите движейки се в космоса, няма сили които да ги спрат, обаче когато навлязат в земната атмосфера, триенето в атмосферата на Земята не само ги забавя, но ги разрушава на по-малки парчета, като по този начин намалява тяхното въздействие върху повърхността на Земята;

- Триенето се използва за заваръчни работи, чрез използване на голямо усилие и индуцираната от триенето топлина се свързват повърхностите на два или повече детайла заедно. Загриването, предизвикано от триенето, разтопява металите, за да ги свърже в едно цяло. Този метод на заваряване позволява да се свържат различни метали (например цветни и черни метали) и да се увеличи производителността в индустрията;

- В една лагерна, къмпинг или природна среда, триенето може да се използва за запалване на огън за топлина, готвене или оцеляване. Топлината създадена от триенето на две парчета дърво, загрява дърветата, докато достигнат температурата на горене (около 425 градуса по Целзий) и се запалят. За да се случи това обаче, дървесината трябва да е много суха и да има малко или никаква смола;

- Грапавините по кожата на пръстите и дланите ни позволяват да хващаме и държим предмети, благодарение на триенето.

Въпреки че триенето е много важно в ежедневието, то има и някои недостатъци за хората, като:

- Основният недостатък на триенето е, че той произвежда топлина в различните триещи се двойки в машините. По този начин полезната енергия се изразходва като загуба на топлинна енергия и не отива за ефективна работа. Например автомобилните двигатели загряват поради триене. Това може да доведе до прегряване и повреди;

- Благодарение на триенето трябва да вложите повече енергия в машините, за да преодолеете загубите;

- Противопоставя се на движението, тоест противодейства на движението, така, че е необходимо повече енергия за движение;

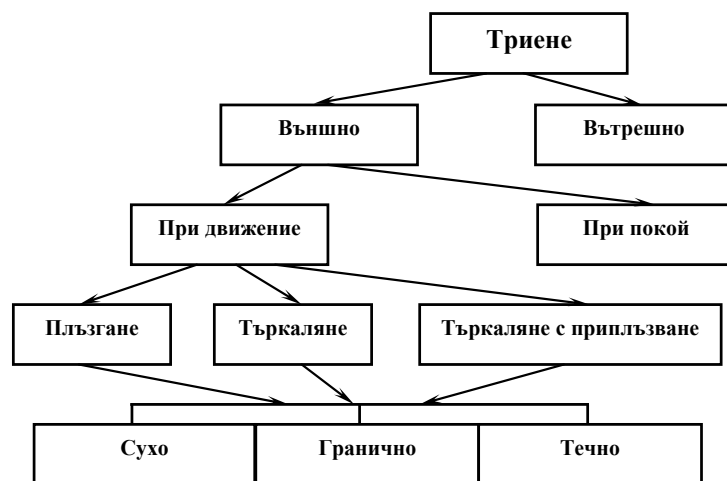
- Поради триене, в машините възниква шум;

- От триенето двигателите на автомобилите консумират повече гориво, което води до загуба на средства;

- Ефективността на машината намалява, тъй като част от вложената енергия се губи от топлината чрез триене;

- Допълнителното триене затруднява придвижването на обекта, като например плъзгане на кутия по пода или ходене в дълбок сняг;

- Всяко устройство, което има движещи се части, може бързо да се износва поради триенето. Пример за това какви са последствията от триенето е автомобилната гума.



Фиг. 1. Класификацията на видовете триене в машините

В зависимост от характера на относителното движение на тези тела различаваме следните видове триене.

Триене при плъзгане (триене от първи род), това е триене при което скоростта в точките на допиране на двете тела са различни. При което скоростите могат да са различни както по големина така и по направление.

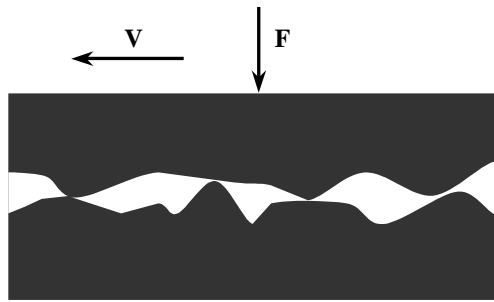
Триене при търкаляне (триене от втори род) това е триене между две твърди тела, при които скоростите в точките на допиране са равни както по големина така и по направление.

Триене при търкаляне с приплъзване (триене от трети род) това е триене между две твърди тела, при което търкалянето е съпроводено с едновременно приплъзване. Скоростите в точките на допиране са в едно направление, но различни по големина. Този тип триене е характерно при зъбни и зъбно-винтови предавки или между колелата и пътя.

В зависимост от наличието на смазка между триещите се повърхности различаваме следните видове триене. Сухо триене, гранично триене и течно триене.

Сухо триене на две твърди тела се извършва при липса на всякакъв вид смазка или замърсяване по триещите се повърхности и има молекулярно-механична природа (фиг. 2).

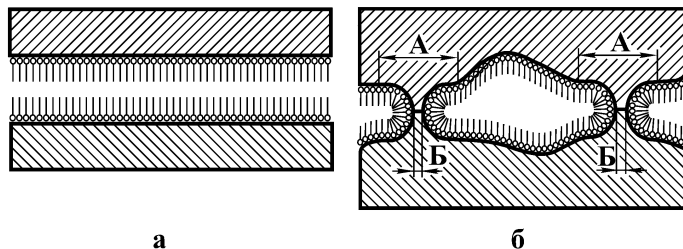
В зависимост от състоянието на триещите се тела различаваме триене при покой и триене при движение. **Триенето при покой** е триене между две тела при запазване на контакта, без относително преместване. **Триенето при движение** е триене на две тела, намиращи се в относително движение по между си (фиг. 1) (Nikolov I Kangelov 2012; Николов и Стоянов 2014; Valov i Valova 2017).



Фиг. 2. Схема на сухо триене

придружена с високи температури в допирните участъци. Възможно е задиране в отделни точки на контакта, което е най-разрушителния вид износване.

Гранично триене на две твърди тела възниква при наличието върху тях на смазваща среда като: масло, вода, консистентна смазка или твърда смазка и др. Смазващото действие се



Фиг. 3. Схема на плъзгане при гранично триене: а-смазване при идеално гладка повърхност; б-смазване при реална повърхност; А-участък, поемащ натоварването; Б-участък на непосредствения контакт.

които е приблизително $0,1 \mu\text{m}$. Наличието на граничен слой намалява силата на триене от 2-10 пъти в сравнение със сухото триене, а износването на триещите се тела в стотици пъти. При граничното триене свойствата на граничните слоеве масло се отличават от свойствата на мазилната течност. Действието на смазката при граничното триене зависи от присъствието в нея на повърхностно активни молекули (органични киселини, смоли и др.), които са способни да се адсорбират върху триещите се повърхнини. Вискозитетът на маслото около твърдата повърхнина е по-висок, отколкото вътре в масления слой в резултат на особеното разположение на молекулите (Бекана 2020; Кангалов 2019; Кангалов 2012; Кангалов и др. 2012; Valov i Valova 2020 Todorov 2013; Todorov 2017; Димитров 2019; Деликостов 2020).

Молекулите на смазочния материал се ориентират перпендикулярно на твърдата повърхност, което позволява да ги представим като „власинки” (фиг. 3). При взаимното преместване на идеално гладки триещите се повърхности (фиг. 3а) власинките се огъват в противоположна посока. На грапава триещата се повърхност в площадките на контакта, подложени на пластична деформация и в точките с висока местна температура настъпва разрушаване на масления слой (фиг. 3б), което довежда до създаване на адхезионни връзки и задиране. Благодарение на подвижността на молекулите адсорбцията протича с много голяма скорост, което позволява самовъзстановяване на масления слой след местното му разрушаване. Повърхностно активните вещества намаляват износването, особено при малки натоварвания.

При големи натоварвания масленият слой се разрушава, независимо от съдържанието на повърхностно активни молекули, като започва задиране и срязване на грапавините. При това повърхностно активните вещества, които се намират в микропукнатините, ускоряват

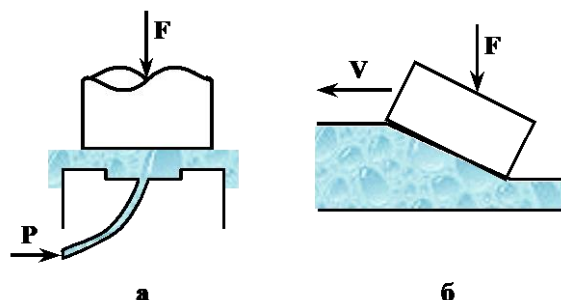
Действащите в площадките на физическия контакт молекулярни сили предизвикват адхезия. Силите на адхезията както и молекулярните сили са право пропорционални на площта на физическия контакт.

При сухото триене протичат два процеса: срязване на микронеравностите и тяхното смачкване. Срязването и откъртването на частици от микронеравностите довежда до промяна в размерите на детайлите и тяхното тегло. Смачкването - местната пластична деформация на повърхностните слоеве е

постига чрез пълното отделяне на повърхностите. Смазващата среда може да е течност или твърд филм с подходяща дебелина, вмъкната между триещите се повърхности. Течността (масло) притежава свойства отличаващи се от обемните. Твърдият филм е (графит, тефлон, молибденов бисулфид, калай, олово, оксидиране и фосфатиране). Голямата част от детайлите работят при частично мазане в условията на гранично триене. Граничното триене протича в присъствието на твърде тънък маслен слой, дебелината на

разрушаването и пластичното деформиране на триещите се повърхнини (ефект на Ребиндер). Разширяването и задълбочаването на повърхностните пукнатини се усилва благодарение на разцепващото действие на тънкия маслен слой разположен вътре в пукнатината. При действието на големи натоварвания и проявяването на ефекта на Ребиндер се повишава отрицателното влияние на повърхностно активните молекули върху действието на тънкия маслен слой, разположен между повърхнините на триещите се тела.

Течното триене възниква между две тела, разделени от слой течност (масло), в който се проявяват нейните обемни свойства. При течното триене повърхнините на детайлите напълно са разделени от маслен слой, благодарение на което между тях липсва непосредствен контакт. Разделянето на повърхностите се извършва по хидростатичен и хидродинамичен начин (фиг. 4). По-широко разпространение е получил вторият вариант.



Фиг. 4. Схеми за образуване на носещия маслен слой при течно триене:
а-хидростатично; б-хидродинамично.

Процесът на триенето е устойчив, съпротивлението на движението на детайлите се определя от вискозитета на маслото, износването се оказва нищожно. Само при лоша филтрация на маслото и при замърсяване с различни частици износването може, да стане значително.

В съединенията на автотракторната и земеделска техника се срещат всички отбелязани видове триене. Дисковете на съединителя, спирачният барабан с челюстите, клапанът с гнездото работят при сухо триене, а детайлите с възвратно-постъпателно и колебателно движение при

гранично триене. Коляновият вал с лагерите, разпределителният вал с лагерите и други детайли работят предимно при течно триене. Само при определени условия триенето на тези детайли може да премине в гранично.

Където е необходимо, се вземат мерки за намаляване на триенето.

На първо място, сухото триене се заменя с течно триене, тъй като силите на триене и износването при течното триене са много по-ниски от колкото при сухото триене. Това се постига чрез използване на смазочни материали.

На второ място, триенето при плъзгане се заменя с триене при търкаляне, когато е възможно. За това се използват лагери - специални устройства, в които между движещите се детайли се търкалят сфери или ролки. Освен това има хидравлични и пневматични лагери - устройства, където между движещите се детайли има слой течност или газ.

Напредъкът в света около нас е немислим без развитието на машините и оборудването. Общият им брой и специфичната им мощност се увеличават от година на година. Наблюдава се ясна тенденция на интензификация на режимите им на работа, увеличаване на количеството консумирано гориво, смазочни материали и резервни части, а от там рязко увеличаване на обема на ремонтните работи. Според ООН повече от една трета от енергията, генерирана в света, се използва за преодоляване на силите на триене, а една четвърт от произведения метал се изразходва само за възстановяване на загубите, свързани с износването на детайлите и възли в машините.

Известно е, че за добре функциониращ модерен реактивен самолетен двигател се изразходва до 2% от мощността му, за автомобилен двигател 26-44%, за локомотивен над 50%, а за текстилните машини, повече от 80% от захранващата енергията. В условията на реална работа на машините, отбелязаните по-горе загуби на енергия от триене, като правило, се увеличават (Кангалов и др. 2012; Valov i Valova 2020 Todorov 2013; Todorov 2017; Димитров 2019).

Опитът показва, че в 80-90% от случаите машините отказват поради незадоволителна работа на триещите се възли (износване, надраскване, свързани с триенето повреди и др.). Цената за ремонта и поддържането на машините е няколко пъти по-висока от първоначалната

им цена: за автомобилите - 6 пъти, самолети - 5 пъти, металорежещи машини - до 8 пъти. Делът на заводите, произвеждащи нови трактори в света е 22%, а делът на заводите за производство на резервни части за трактори е 30% и делът на ремонтните предприятия е 44%. Това означава, че почти 4 пъти повече производствен капацитет се изразходва за ремонт на трактори, отколкото за тяхното производство. Повече от една пета от метала произведен в света, се изразходва за резервни части. Сложността и трудоемкостта на ремонта и поддържането на много строителни машини по време на техния експлоатационен живот е 15 пъти по-висока от тази при производството на нови машини.

Това показва, че проблемът с триенето, износването и смазването на машини и съоръжения, освен чисто технически, е и икономически проблем в световен мащаб.

В контекста на изчерпването на запасите от гориво и материали, наблюдавано в света, както и значително повишаване на изискванията за надеждност и трайност на машините, въпросът за намиране на мерки, които допринасят за решаването на този спешен проблем, е остър. И сред тях може да се окаже по-доброто използване на достиженията в областта на триенето, износването и смазочните материали, обединени в понятието трибология - производно на думата „Трибо“, което на гръцки означава триене. Експертният анализ на специалистите показва, че толкова големи загуби от триене възникват поради пропастта между триботехниката и развитието на индустрията и транспорта. Същевременно от голямо значение е и липсата на достатъчно обучение на специалисти в тази област.

Според експертни оценки на водещите световни експерти по трибология, само прилагането на вече постигнатите резултати в тази област може да намали щетите за машините с 25-30%. Още повече, че първите 10-15% от тях могат да бъдат постигнати - практически без никакви капиталови инвестиции, а само поради по-компетентно поддържане на машините и използването на вече познати смазочни материали и технологии. В същото време, както показват проучванията, проведени в Обединеното кралство, по-голямата част от спестяванията от въвеждането на трибологични постижения се постига чрез намаляване на разходите за поддържане и ремонт на машини, елиминиране на загубите поради повреда на оборудването и спестяване на капиталови инвестиции чрез увеличаване на трайността на машините.

Освен ясно изразените технически и икономически аспекти, решавани от триботехниката, не по-малко важна е и посоката на нейната работа в екологията за подобряване на околната среда. Това се отнася преди всичко за обработката на използваните смазочни материали в машините. С производството на 100 милиона тона смазочни материали в света, проблемът с тяхното преработване е доста сложен. Проблемът за намиране на начини за ускоряване на процеса на разлагане на маслата, които пада на земята по време на работа на машините, също стана актуален, както и обратният проблем за възстановяване на работоспособността на маслата при климатични условия с активното използване на бактерии. В тази област се откриват големи перспективи за използване на трибологичните технологии. Проблемът с подмяната в транспорта и индустрията на широко разпространени, но вредни за човешкия организъм минерални масла с екологични биоразградими, също е актуален. Триболозите от редица страни сега активно преследват този и други подобни въпроси (Кангалов и др. 2012; Valov i Valova 2020 Todorov 2013; Todorov 2017; Димитров 2019).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Триенето е необходимо както в нашия живот, така също и в машините. Без триене, нито хората и животните, нито транспортните средства могат да се предвиждат по земята, тъй като при движението те имат нужда от отблъскване от земята;

2. Изяснени са предимствата и недостатъците на триенето за хората и машините. Разгледани са различните видове триене в машините и условията за тяхното осъществяване, като е установено, че в машините се срещат всички видове триене;

3. Според ООН повече от една трета от енергията, генерирана в света, се използва за преодоляване на силите на триене, а една четвърт от произведения метал се изразходва само за възстановяване на загубите, свързани с износването на детайлите и възли в машините;

4. Проблемът с триенето, износването и смазването на машини и съоръжения, освен чисто технически, е и икономически проблем в световен и национален мащаб. Решаването на този проблем може да се постигне чрез, широко прилагане достиженията на трибологичната наука.

REFERENCES

Alipiev O., S. Marinov, T. Uzunov. (2018) Optimal tooth profile design of a gear shaper cutter when meshing with internal straight splines. Mechanism and Machine Theory, Vol.129, pp. 70-79, ISSN 0094-114X.

Bekana D. (2020) Optimizing the maintenance of agro-industrial equipment, Academic Publishing House University of Ruse, p. 130, ISBN 978-954-712-800-2, **(Оригинално заглавие: Бекана Д. (2020) Оптимизиране поддържането на аграрно-индустриалната техника, Русе: Академично издателство Русенски университет, с. 150, ISBN 978-954-712-800-2).**

Dimitrov, M.S. (2019) Development of repaired engines with friction modifiers, Yambol, Faculty of Engineering and Technology - Yambol at the Thracian University - Stara Zagora, p. 160, ISBN 978-619-7340-00-6. **(Оригинално заглавие: Димитров М. (2019) Разработване на ремонтирани двигатели с модификатори на триенето, Ямбол, Факултет „Техника и технологии“ - Ямбол при Тракийски университет - Стара Загора с. 160, ISBN 978-619-7340-00-6).**

Delikostov T., (2020) Management of fuel combustion of internal combustion engines from agricultural and tractor equipment by maintaining the food system. Scientific Monograph. Ruse, Academic Publishing House University of Ruse, p.136, ISBN 978-954-712-799-9. **(Оригинално заглавие: Деликостов Т. (2020) Управление разгода на гориво на ДВГ от земеделската и автотракторна техника чрез поддържане на хранителната система – научна монография. Русе: Академично издателство Русенски университет, р.136, ISBN 978-954-712-799-9).**

Kangalov P. (2019) Rebuilding electrolytic alloys coatings. Scientific Monograph. Academic Publishing House University of Ruse, p. 170, ISBN 978-954-712-785-2 **(Оригинално заглавие: Кангалов П. (2019) Възстановителни покрития от електролитни сплави – научна монография. Русе: Академично издателство Русенски университет, с. 170, ISBN 978-954-712-785-2).**

Kangalov P. (2012) Statistical study of the wear of the housing and the gate of the hydraulic valve P-80, IN: Scientific works of Angel Kanchev University, Ruse, Vol 51, book. 1.1, Ruse, pp. 252-256, ISBN 1311-3321. **(Оригинално заглавие: Кангалов П. (2012), Статистическо изследване износването на корпуса и шибъра на хидроразпределител P-80. В: Научни трудове на РУ-2012, том 51, с. 1.1, Русе, стр. 252-256, ISBN 1311-3321).**

Kangalov P., D. Beleva, K. Dyakova-Dimitrova, (2015), Determination of the initial structural characteristics of the pair of shaft-plain bearing by tractor engines. IN: Scientific works of Angel Kanchev University, Ruse, vol. 54, book 1.1, pp. 210-216, ISSN 1311 3321. **(Оригинално заглавие: Кангалов П., Д. Белева, К. Дякова-Димитрова, (2015) Определяне на началните структурни характеристики на двоицата вал-плъзгащ лагер от автотракторни двигатели.// Научни трудове на Русенския университет, том 54, с.1.1, стр. 210-216, ISSN 1311-3321).**

Marinov S., O Alipiev, T Uzunov. (2019) Interference of the profiles when meshing internal straight splines with gear shapers. MATEC Web of Conferences, No 287, 01015.

Nikolov M, (2019) Rebuilding Overlaid Coatings Obtained Through Vibrating Arc Overlaying Process in an Atmosphere of Shielding Gas and its Mixtures - Scientific Monograph, Academic Publishing House University of Ruse, p. 144. ISBN 978-954-712-756-2 **(Оригинално заглавие: Николов М. (2019), Възстановителни вибронаварени покрития в защитни газове и техните смеси - научна монография, Русе: Академично издателство „Русенски университет, р. 144, ISBN 978-954-712-756-2).**

Nikolov M., P. Kangalov. (2012) Benefits from maintenance and repair in utilization of resources. IN: Mendeltech International 2012 – International Scientific Conference, No 1, Brno, ISBN 978-80-7375-625-3.

Nikolov M., I. Todorov, V. Stoyanov, J. Valchev. (2019) Determination of the Structural Characteristics of the Parts of Agricultural Machinery Subject for Repair. B: PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE – 2019, No v 58, b 1.1, pp. 44-48, ISSN 1311-3321.

Nikolov, M., Stoyanov, V., (2014) Utilization of Resources in the Maintenance and Repair of Machines, Ruse, Ruse University Publishing Centre, p. 95, ISBN 978-954-712-607-7, (**Оригинално заглавие:** *Николов М., Стоянов В. (2014) Оползотворяване на ресурсите при поддържането и ремонта на машините, Русе, Издателски център при Русенски университет, стр. 95, ISBN 978-954-712-607-7).*

Todorov, I. (2013) Influence of the amplitude of vibrations on the technological parameters of the mode during vibroarc surfacing of details from the tractor and agricultural machinery. B: Scientific works of Angel Kanchev University, Vol 52, s 1.1, Ruse, pp. 293-296, ISSN 1311 3321, (**Оригинално заглавие:** *Тодоров И., (2013) Влияние на амплитудата на вибрации върху технологическите параметри на режима при виброръгово наваряване на детайли от автотракторната и земеделска техника. В: Научни трудове на РУ „Ангел Кънчев“ том 52, с. 1,1, Русе, с. 293-296, ISSN 1311 3321).*

Todorov I. (2019) A Research about Wear Process of Details from Belt Conveyor.// Agricultural, forest and transport machinery and technologies, Vol. VI, pp. 5-10, ISSN ISSN 2367-5888.

Valov, N., Valova, I. (2017) Drying process management laboratory with remote access. International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2017, doi:10.1109/ITHET.2017.8067800.

Valov, N., Valova, I. (2020) Home automation system with Raspberry Pi. International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, EE and AE 2020 - Proceedings, doi:10.1109/EEAE49144.2020.92789988998.