



**15 ГОДИНИ СПИСАНИЕ „МЕХАНИКА, ТРАНСПОРТ,
КОМУНИКАЦИИ “ИЗСЛЕДВАНИЯ ПО МАТЕРИАЛОЗНАНИЕ,
ПУБЛИКУВАНИ В СПИСАНИЕ „МЕХАНИКА, ТРАНСПОРТ,
КОМУНИКАЦИИ“ – ОБЗОР. Част II**

Петър К. Колев, Даниела Д. Тодорова
petarkolev@vtu.bg, dtodorova@vtu.bg

**Висше транспортно училище “Тодор Каблешков” –София
ул. “Гео Милев” №158, 1574 София
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: обзор, металознание, технология на материалите, заваряемост, ефективни решения, рационални технологични режими.

Резюме: В настоящата статия е направен обзор върху изследванията в областта на материалознанието. Анализирани са научни разработки по моделиране и оптимизация на технологични процеси, заваряване на материалите, технологични задачи за развитието на материалите и техните технологии.

Първата част на аналитичния обзор е посветена на подход, създаден от изследователи на ВТУ „Тодор Каблешков“. Този подход може да съдейства на интердисциплинарни екипи от различни висши училища в подкрепа на българската икономика и наука. Разгледани са различни технологични задачи, свързани с възстановяването на износени повърхнини след нанасяне на покрития с уякчаващи свойства.

Усъвършенстването на различните задачи и съответните решения водят до създаване на подход с помощта на който е възможно при определянето на ефективни решения да се подбере рационално решение, което да е свързано с намаляването на енергийните разходи или използваната суровина.

Във втората част на обзорния анализ са поместени съществени изследвания по материалознание на преподаватели от ВТУ „Тодор Каблешков“ и техни колеги.

В обзорната статия се изследват и коментират общо 101 труда, разделени съответно на 51 в първата част и 50 във втората част. Поставен е акцент на приноса на Висшето транспортно училище „Тодор Каблешков“ в развитието на българското материалознание.

Статиите, които са разгледани и анализирани в настоящия обзор обхващат научни изследвания за един продължителен период от двадесет и пет години. В направеният обзор е отчетен натрупаният опит на изследователите от Висшето транспортно училище „Тодор Каблешков“, с помощта на който е възможно да се достигнат важни решения в областта на материалознанието, като се използват универсални алгоритми. Изготвянето на този обзор върху изследванията в тази област е продиктувано от идеята да се обобщят резултатите от извършените

анализи и да се даде в концентриран вид информация за получените резултати от авторите.

Част II: Съществени изследвания в областта на материалознанието, осъществени при участието на ВТУ „Тодор Каблешков“ с други учебни и научни организации

Приложната наука изисква интердисциплинарни системни знания, които са изградени на основата на приемственост, придобита чрез връзките, съществуващи между отделните учебни и научни звена. През 2003 г. въз основа на тези контакти във Висшето транспортно училище „Тодор Каблешков“ се взема решение за развитие на методите за анализ на процесите на наваряване, насочени към пътно-строителни системи. Тази специализация напълно отговаря на потребителския периметър на училището, основният дял в който са материалите на желязна основа. За кадровото развитие на катедрата „Технология на машиностроителното производство и химия“ са зачислени и първите докторанти към тази катедра – инж. маг. Александър Монов и инж. маг. Николай Христов. С помощта на техните ръководители от катедрата и ръководителите им от Института по Металознание – БАН и ТУ – София бяха усвоени значителен брой методики в областта на трибологията [1,2,3], многокритериалната оптимизация [4,5] и анализа на многофакторните свойства на електроудъговото наваряване: ръчно и МАГ заваряване с тръбни електроди [6,7,8].

Най-съществената част от тази група изследвания е изграждането на общо научна инфраструктура, изградена от ВТУ, с възможност за използване от технически Висши училища и университети и БАН. Това е стенд за ударно абразивно износване с аналог единствено в Русия. Подобренията на българския прототип [9], създаден по проект на ВТУ „Тодор Каблешков“, се състоят в развитието през годините на електронното управление, използвано в подобни случаи.

Със стенда е проведено изследване, поръчано от чуждестранен пост-докторант, който е използвал наши методики и апаратура за изпитването на наварени слоеве на три чуждестранни компании [10]. Изследването е развито и за това развитие съществена роля изиграва научната инфраструктура на Русенския университет [11].

В [12] е посочено изследване със развита във ВТУ „Тодор Каблешков“ методика на изследване за обслужващо изпитване на метални и неметални материали. Отделно от това е възможно да се включи и специализирана апаратура, приложена към конкретни изследвания [13] в списъка на общата научна инфраструктура при бъдещо коопериране.

Във връзка със специализацията в транспорта, посветена на съвременните тенденции в технологията на материалите при автомобилно- и самолетостроенето, е създаването на леки композитни материали с метална матрица чрез въвеждането на уякчаваща и/или модифицираща наноразмерна дисперсна фаза под формата на керамични частици и въглеродни влакна. Тази тематика е успешно и паралелно развивана в ТУ – София и БАН. В съответствие с тази тенденция са разработени технология за наваряване на износоустойчиви композитни повърхностни слоеве с металнизиращи микро/нано частици SiC чрез екструдирания добавъчен материал съдържащ плакирана уякчаващата фаза [14] и върху филм от флюс, образуващ нискотопима евтектика [15].

Осъвременяване на методите за нанасяне на композитни слоеве на металосплавни изделия е извършено и чрез използването на технологии за 3D формообразуване. С помощта на технологията селективно лазерно стопяване (SLM) са получени тънки повърхностно легиращи слоеве, съдържащи металнизиращи частици SiC, които притежават неколкостратно повишена износоустойчивост и нанотвърдост [16].

Запазването на наноразмерността на дисперсната фаза при метализирането не може да бъде постигнато чрез класическите разтвори за химично никелиране, поради което е разработен метод за ултразвуково химично сплавяване. Метализирането на микро/нано дисперсната фаза от неметални частици, въглеродни влакна и нанотръбички (CFs и CNTs) е извършено чрез оригинален разтвор за безтоково химично сплавяване (Ni-P, Ni-Cu-P, Ni-Sn-P), работещ в условията на ултразвуковото третиране при стайна температура [17]. Налице са условия на научно взаимодействие в случай на внедряване на гореизброените достижения, за да се използва научната инфраструктура на ВТУ „Тодор Каблешков“.

Всяка нагласа за по-задълбочени изследвания има своите мотиви и предистория. Готовността за подобно научно взаимодействие в областта на материалознанието между ТУ – София и ВТУ се корени в общите традиции на обучението при докторантите в направление „Обработка на металите чрез пластична деформация“ с пряка заслуга на проф. д-тн. инж. Йордан Генов. Така е и с развитието на теоретичните модели за прогнозиране загубата на устойчивост при пластично деформиране на листов метал, постигнато при модела G56 на проф. Й. Генов, който определя пределните деформации, като отчита не само деформационното уякчаване и деформационно-напрегнатото състояние, но и влиянието на границата на провлачване, и на якостта на опън [18,19,20]. Това изследване е осъществено съвместно с неговите ученици, които ще имат задължението да предадат опита си в бъдеще.

В последните години на 20 век в технологиите за обработване на металите под налягане е разкрит нов раздел – наречен интензивна пластична деформация (ИПД), процесите от който вече не целят формоизменение, а създаване на наноразмерна/ултрафинна дисперсна структура. За анализирането на напрегнато-деформационното състояние при тези методи за ИПД се използват предимно програмни CAD/CAM продукти за компютърно симулиране. Под ръководството на проф. Й. Генов с помощта на QForm са разработени и оптимизирани нови схеми за интензифициране на пластичната деформация чрез равноканална дву- и четириъглова екструзия с подвижен поансон матрица [21, 22, 23]. Предложен е нов модел за деформационно уякчаване при ИПД [24], базиран на допълнено уравнение на крива на уякчаване. Съвместно с участието на водещи центрове в Русия, специализирани в изследването на процесите за ИПД, са симулирани и изследвани схеми, с общ колектив между ТУ-София и ВТУ „Тодор Каблешков“, за интензивна пластична деформация SPD с активни сили на триене [25, 26]. Двете институции подготвиха предложения за финансиране към фонд „Научни изследвания“ съвместно с Авиационния университет в УФА. Част от изследванията от двете части на този обзор са представени в Университета по технологии в Далиан, Китай. Пътят към внедряването на тези технологии е отворен, благодарение на нашите дългогодишни контакти.

Чрез виброакустични измервания с успех се контролира техническото състояние на сплави и на създадени от тях серии от машинни елементи [27,28,29]. За целта се прилагат аналитични зависимости между еластични свойства на средата, формата на обектите и резонансните честоти. С успех се регистрират вътрешни нецялостности, структурните изменения на композитния материал, геометрични отклонения чрез оценяване на честотното изменение на конкретен резонанс. В цилиндрични детайли наличието на вътрешна нецялостност, също така, е причина за възникване на допълнителни резонанси. Налице е съпоставимост между теоретични и експериментални резултати за резонансните честоти. Налице е незначително разсейване на резултатите при изследване образци от една производствена серия, което осигурява голяма чувствителност на метода. Удачно е за реализиране на ускорено създаване диагностични признаци за техническа оценка вибро-акустичното поведение

на детайли да се моделира с помощта на съвременни инженерни продукти, след което теоретичните резултати да бъдат потвърждавани чрез експерименти.

Съществен интердисциплинарен опит е необходим за изследванията [30, 31], които са свързани със специфичен комплекс от свойства. Критичният поглед към формиране на идеята за изследване и съпътстващите и дейности в повечето случаи е много продуктивен. Уякчаването, като резултат от изследването, е желана цел на много изследователи, публикували в списанието „Механика, транспорт комуникации“. Положителен е стремежът, че освен якост се търси приложен комплекс от свойства, които най-добре описва заданието с експлоатационните свойства. В материалознанието, като основа на много инженерни дисциплини, най-желаният комплекс от свойства се описва с думата *надеждност*, а целият му арсенал от методи за изпитване и апаратури определя тази надеждност.

През разглеждания период в списанието присъстват и изключително актуални тематики, част от които са [32, 33]. Сътрудничеството на ВТУ „Тодор Каблешков“ с Института по Металознание „акад. Ангел Балеvски“ е не само научно коопериране. Представители на Института са водещи преподаватели по магистърска програма. С тяхна помощ се създадоха предпоставки за доразвиване на академичния състав на наша катедра [34,35, 36].

Повечето от цитирани изследвания са предназначени за реално приложение в широката област на нашата специализация „Транспорт“ и към желан икономически просперитет, гарантиран с определени ползи. В следващата част от обобщението сме целили да изтъкнем някои важни за нас приложения.

Степента на уплътняване [37] на насипните материали е основен показател за качеството на изработката на уплътнителните, трамбовъчните и подбивните машини. Изследването на зависимостта на степента на уплътняване от динамичното въздействие ще допринесе за оптимизиране на режимите на виброуплътняване. В съществуващата теория и практика при избор на оптимални параметри на виброуплътняване се взимат под внимание само емпирични зависимости и кинематични параметри. Необходимо е експериментално изследване, което да потвърди резултатите от теоретичната разработка, вследствие на което ще има възможност да се провеждат многовариантни симулации от гледна точка на различна работна среда и параметри на виброуплътняване. За нуждите на експерименталното изследване е необходимо на базата на динамичен модел на комплекса: уплътнителна система – дисперсна система (подбивен агрегат на траверсоподбивна машина и баластова призма) да се разработи преносима система, чрез която да се определят параметри на виброуплътняването на насипни материали.

Световният пазар [38] на трансманипулатори е динамичен от гледна точка на развитие през последните десет години. Почти всички производители на трансманипулатори доставят своите продукти почети от цял свят. В Европейския съюз средно 70 % от производителите доставят своите продукти до всяка страна от съюза. Изследването показва процента на компаниите в световен мащаб произвеждащи трансманипулатори и броя на заетия персонал в тях. Представени са статистически данни по отношение на видовете продукция и оборудване произвеждано от компаниите. Анализирани са пазарните дялове, видовете използван софтуер за управление на системите със трансманипулатори, както и делът на продадените трансманипулатори в зависимост от параметрите им.

Интелигентните транспортни [39] системи в областта на автомобилния транспорт и техните връзки с другите видове транспорт са част от бъдещето на общоевропейската транспортна политика. Внедряването им на територията на Република България се осъществява в съответствие с приетите от Европейската

комисия спецификации за приложения и услуги относно интелигентните транспортни системи и приетите от органите по стандартизация стандарти. В изследването са представени приоритетните области и приоритетните действия по отношение на бъдещето приложение на Интелигентни транспортни системи в областта на автомобилния транспорт.

Ролята на материалите и технологиите на изработване са съществени при създаването на лабораторен стенд [40] и методика за изпитване на хидродинамичен трансформатор за провеждане на лабораторни упражнения по учебните дисциплини, свързани с хидравличните системи за задвижване. Независимо от различното предназначение в [41], изследването на метални кранови конструкции на мостови товароподемни кранове също е фокусирано към материалните технологии. В изследването са разгледани възможните места за дефекти в металните кранови конструкции, като са представени стойности на максимално допустимата остатъчна деформация на стоманени кранови конструкции. Представена е възможност да се определи цикъла на натоварване на металната кранова конструкция по време на работа.

Помпената инсталация [42] е съставена от помпа и присъединени към нея смукателен и нагнетателен тръбопровод, резервоар, регулираща и спирателна арматура. При избора на помпа за работа в дадена инсталация е необходимо параметрите на помпата да се подберат така, че да съответстват на нуждите на уредбата. Параметрите на помпите обуславят техните характеристики, чието определяне се извършва по опитен път, чрез специални лабораторни уредби. От характеристиките на помпите могат да се определят работните им режими и енергийната им ефективност. Графиките, представляващи зависимостите на напора, задвижващата мощност и коефициента на полезно действие на динамичните помпи, определени при различни честоти на въртене на вала са универсални характеристики (топограми). В изследването е представена опитна уредба за лабораторно изпитване на динамична помпа, която дава възможност за определяне на работните точки при съвместната работа на помпата с помпената инсталация при различни начини за регулиране. Разработена е методика за провеждане на изпитването и построяването на универсалните характеристики на динамична помпа.

Описаното в [43] изследване съдържа анализ и класификация на подбивния механизъм, според структурните му особености. Представен е кинематичен анализ на същия механизъм, като е приложен аналитичен подход. На база на проведеня анализ са определени зависимостите между геометричните и кинематичните параметри на механизма, представени са функциите на положението и скоростите на отделните звена.

В изследването [44] е представен динамичен модел на подбивния агрегат на траверсоподбивна машина. Изведени са уравненията на движение и са получени законите, по които се движат началните звена. Направен е анализ на резултатите от гледна точка на параметрите на виброуплътняването. В [45] е представена електрохидравлична следяща система за подбиване на железния път. Изведени са уравненията на движение и са получени предавателните функции и блоковата схема. Направен е симулационен модел, чрез SIMULINK. Направен е анализ на динамичните свойства, чрез намиране на амплитудно- фазовите честотни характеристики. Проверена е устойчивостта като се приложени алгебрични и честотни критерии. Моделът [46] дава възможност да се изследват динамичните характеристики на механичната система за различни: параметри на виброуплътняването, особености на механичната система, свойства на обработваемата среда. Резултатите са от значение при синтезиране на уплътнители от такъв вид и при избор на оптимални параметри за уплътняване за различни обработваеми среди. В [47] е представено изследване на условията за

реализиране на устойчиво равновесие при работа на вибрационни уплътнителни машини, разглеждани като двумасови, консервативни механични системи с две степени на свобода. Определени са квазиеластичните коефициенти на механичната система, приложени са теоремата на Лагранж-Дирихле и критерия на Силвестър за устойчивост на равновесното състояние.

В [48] са представени оригинален стенд за изпитване на скоростен ограничител на въжено-механичен асансьор и методика за провеждане на изпитването. Повечето случаи на аварии с асансьори, свързани с наранявания на хора и смъртни случаи, са причинени основно поради технически неизправности в конструкцията и човешки грешки породени от неправилна експлоатация и неспазване на правилата за безопасност. Това налага да се търсят ефективни методи и подходи и чрез оценка на риска за повишаване безопасността на този тип машини. Необходимостта от съвременен подход при изследване на безопасността при експлоатация на асансьори налага да се създаде стенд за изпитване на работата на скоростни ограничители на асансьори. Чрез стенда за изследване на функционирането на ограничител на скоростта на въжено-механичен асансьор се реализират следните образователни и изследователски цели: запознаване с общото устройство и конструктивните особености на ограничители на скоростта, запознаване с действието на ограничителя и взаимодействието между основните елементи, изследване на възможността за спиране при надвишаване на допустимата скорост със зададена стойност, намиране на тарировъчната характеристика на ограничителя на скоростта.

Изследването [49] разглежда въпросите както и някои предложения за тяхното решаване, които често пъти възникват при извършване на процеса на обновяване на електрическото оборудване на товароподемни кранове. Разгледани са част от основните принципи и изисквания, които трябва да бъдат спазени за направа на подходящ подбор на нови електродвигатели за подедни механизми на кранове в съответствие с новите европейски стандарти. Описани са основните технически параметри и критерии за извършване на проверочни изчисления за оценка на съответствието на новото оборудване с изискванията на нормите и стандартите. Накрая е предложен съвременен подход за извършване на многокритериална оценка на различни съществуващи варианти за обновяване на електрическо оборудване на товароподемен кран, чрез който може да се постигне оптимален избор. Стоманените въжета [50] са сред най-натоварените елементи на подедните съоръжения. Работното усилие, разпределено между много телчета, гарантира висока сигурност и надеждност на въжетата. Задачите за прогнозиране и оценка на ресурса на товароподемните въжета имат вероятностен характер. В статията е изследван остатъчният ресурс на стоманени въжета интензивно експлоатирани в минодобив при различни атмосферни условия, използвани за манипулиране на товари.

Заклучение.

В обзора се осъществи връзка между размяната на идеи и възможностите за техните реализации. Тези идеи са плод на дългогодишно развитие на авторите, които са изявени преподаватели и учени в своите научни институции. Неминуема е интеграция и обединение и колкото по-бързо тя се случи, толкова това е по-добре за нашата икономика.

ЛИТЕРАТУРА:

[1.] Кандева М., Н. Христов, Н.Тончев, (2010), Изследване на абразивната износоустойчивост на наварени биметални покрития, конференция, „Механика на машините“, том 18, 1, 53-57.

- [2.] Тончев Н., М. Кандева, Н. Христов, (2011), Методика за определяне параметрите на качеството на композитни покрития при наваряване на ротационни повърхнини, "Machines, Technologies, Materials", vol.1, pp.141-144.
- [3.] Tontchev N., R. Lazarova, M. Kandeва, N. Hristov, (2009), Metallographic and mechanical investigations of fettled layers with specific properties, Fundamental sciences and application, Journal, vol. 15, 289-296
- [4.] Тончев Н., (2013), Два многокритериални подхода за оптимизиране състава и свойствата на легирани стомани, МТС. АЖ, статия 834, том 11, бр. 3, pp. IV-1 – IV-7.
- [5.] Тончев Н., Е. Иванов, (2014), Двукритериален оптимизационен подход с приложение в металургията за търсене интервал на параметрите при удовлетворяване на предварително поставени изисквания за променливите, МТС АЖ, vol. 12, issue 3/3, article 1081.
- [6.] Тончев Н., Ал. Монов., Н. Кемилев, (2005), Сравнителен анализ на геометричните параметри и качеството на наварени шевове с два вида тръбна електродна тел, ВТУ „Тодор Каблешков“, Транспорт`05 ,v9 - v13.
- [7.] Тончев Н., Н. Христов, (2009), Относно управлението на процеса наваряване за постигане на слоеве с определена геометрия и свойства, „Механика транспорт комуникации“, том 3., статия № 426, VI73-VI78.
- [8.] Xristov N., N. Tontchev, S. Koinov., (2011), Optimal Decisions, Improving the Quality of the Fettled Surface for Apriori Given Thickness of the Built-up by Welding Layer, Fundamental sciences and application, Journal, vol. 16.
- [9.] Монов А., Н. Тончев, (2011), Стенд за ударно-абразивно износване, АЖ - „Механика транспорт комуникации“, том 3., статия № 631.
- [10.] Монов А., Н. Тончев, М. Канзадех, Р. Лазарова, И. Любомиров, (2016), Ударно-Абразивно Износване На Наварени Материали На Желязна Основа, Научно списание „Механика транспорт комуникации“, том 14, брой 3/1, статия № 1328, XIII-1-XIII-8.
- [11.] Янков Е., Н. Тончев, М. Канзадех, А. Монов, (2016), Модел На Уякчаването При Ударно-Абразивно Износване На Наварени Материали На Желязна Основа, Научно списание „Механика транспорт комуникации“, том 14, брой 3/3, статия № 1360, XIII-1-XIII-6.
- [12.] Замфилова Г., В. Гайдаров, (2016), Изследване На Вида И Поведението На Отпечатъка При Микроиндентационния Експеримент, Научно списание „Механика транспорт комуникации“, том 14, брой 3/1, статия № 1329, XIII-9-XIII-14.
- [13.] Tashev P., H. Kondov, S. Valkanov, E. Tasheva, (2016), Scanning Electron Microscope Examination Of Layers Weld Overlaid With Nano Modified Electrodes, Academic Journal "Mechanics, Transport, Communication", volume 14, issue 3/1, article № 1331, XIII-21-XIII-26, University of Transport.
- [14.] R. Dimitrova, M. Kandeва, V. Kamburov, Mechanical and Tribological Characteristics of TIG Hardfaced Dispersive Layer by Reinforced with Particles Extruded Aluminium, Tribology in Industry Vol. 39, No. 1, 2017, ISSN: 03548996, pp. 9-19, <https://doi.org/10.24874/ti.2017.39.01.02>;
- [15.] V. Kamburov, R. Dimitrova, M. Kandeва, Introduction of Nickel Coated Silicon Carbide Particles in Aluminum Metal Matrix Hardfaced by MIG/TIG Processes on Precoated Flux Layer, Tribology in Industry Vol. 40, No. 1, 2018, ISSN: 03548996, pp. 73-80 <https://doi.org/10.24874/ti.2018.40.01.06>;
- [16.] V. Kamburov, R. Dimitrova, M. Kandeва, Y. Sofronov, Investigation of Selective Laser Melting Surface Alloyed Aluminium Metal Matrix Dispersive Reinforced layers, Published under licence by IOP Publishing Ltd., IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 295, (2018) ISSN: 17578981, Article number 012035; <https://doi.org/10.1088/1757-899X/295/1/012035>

- [17.] V. Kamburov, R. Dimitrova, K. Nikolov, Electroless Nickel Coating of Carbon Microfibres and Nanotubes Intended for a Reinforcing Phase in Metal/Polymer Matrix Composites, *Journal Oxidation Communications* 42, No 1, (2019), ISSN 0209-4541, pp. 63–73;
- [18.] Genov J., N. Tonchev, V. Kamburov, Regressive Model for Limiting Deformations at Sheet Metal Forming, 2nd International conference on Manufacturing Engineering “ICMEN”, Kallithea of Chalkidiki, Greece, 2005 год., ISBN 960-243-614-X, pp. 255-259;
- [19.] Генов Й., Н. Тончев, В. Камбуров, Регресионен модел за влиянието на напрегнатото състояние върху пределните деформации на листов метал, Международна научна конференция „AMTEX”, Русе, 9-11 ноември, 2005 год., т.44, серия 2, ISBN 1311-3321, стр. 157-161;
- [20.] Генов Й., А. Димитрова В. Камбуров, Влияние на траекторията на натоварване върху пределната деформация на листов метал, „Юбилейна научна конференция’2006”, ТУ-София, филиал Пловдив, 9-11 ноември, 2006, т.13(7), ISSN: 1310-8271, стр. 51-57
- [21.] J. Genov, V. Kamburov, A. Nikolov, Y. Sophronov, The Strain State under Severe Plastic The Strain State under Severe Plastic Deformation by Dual-Angular Equal-Channel Extrusion, *Bulletin of the National Research & Development Institute for Welding and Material Testing - ISIM Timișoara, Romania, year XXIII, 2014, No1, ISI Proceedings* http://www.bid-isim.ro/bid2014_e.htm, ISSN 1453–0392, pp. 3-6;
- [22.] В. Камбуров, Й. Генов, А. Сергисова, 3D симулация с програмен CAD/CAE продукт и проектиране на инструментална екипировка за четириъглова равноканална екструзия, Международна научна конференция, „МТФ’2012“, София, т. I, 2012, ISBN: 978-954-438-994-9, стр. 97-102;
- [23.] Kamburov V., J. Genov, R. Dimitrova, I. Jankova, Structural Changes of Low-Melting Single-Phase Alloys under Equal-Channel Two-Angular Extrusion, *Journal of Material Science and Technology, Vol. 19, №3, 2011* ISSN: 0861-9786, pp. 190-203;
- [24.] V. Kamburov, Anomalous Strain Hardening Effect for High Strain of Severe Plastic Deformation under Dual Equal Channel Extrusion, *Comptes rendus de l’Academie bulgare des Sciences, 2018, vol 71, No4, ISSN 1310–1331 (Print), ISSN 2367–5535 (Online), pp. 535-544, <https://doi.org/10.7546/CRABS.2018.04.13>;*
- [25.] V. Kamburov, V. Semenov, N. Tontchev, V. Mishev, A. Nikolov, 3D Simulation by CAD/CAE Software of Deformation Process at Equal-Channel Angular Extrusion with Active Friction Forces, *International Journal Machines, Technologies, Materials 2017, Proceedings year I, Issue 6(6) vol. VI, Varna, ISSN print 2535-0021, ISSN online 2534-003X, pp. 423-426;*
- [26.] N. Tontchev, V. Semenov A. Raab, V. Kamburov, Selecting the Optimum Variant of the Shear Drawing Process for Low-Carbon Steel, *International Journal Machines, Technologies, Materials, Issue 3, 2017, ISSN print 1313-0226, ISSN web 1314-507X, pp 123-127;*
- [27.] Коларов И. Д. Добрев. Виброакустично изследване на алуминиеви детайли. *Научно списание „Механика, Транспорт, Комуникации” том 15, брой 3, 2017 г., ISSN 1312-3823*
- [28.] Коларов И. Вибро-акустическо изследване на цилиндрични образци с конструктивни особености. *Научно списание „Механика, Транспорт, Комуникации” том 14, брой 3/1, 2016 г.*
- [29.] Коларов И. Безразрушителни параметри за оценка на обемни повърхностни нецялостности чрез вълна на Релей. *Научно списание „Механика, Транспорт, Комуникации” том 12, брой 3/1, 2014 г.*
- [30.] Кемилев Н., (2005), Лазерна термична обработка на нисколегирани инструментални стомани, брой 2, статия № 0061, BG-4.1-BG-4.8.

- [31.] Кемилев Н., (2006), Изследване на закалената зона на конструкционни стомани след обработка с CO₂ – лазер, Научно списание „Механика транспорт комуникации”, брой 2, статия № 0068, BG-4.1-BG-4.8.
- [32.] Ташев П., Лазарова Р., Вълканов С., Димитрова Р., Петков В., (2013), Изследване на наварен слой с добавени наноразмерни диамантени частици, Научно списание „Механика транспорт комуникации”, том 11, брой 1, статия № 0773, XIII-1-XIII-7.
- [33.] Ташев П., Лазарова Р., (2013), Изследване на наварен с добавяне на наночастици от TiN слой, Научно списание „Механика транспорт комуникации”, том 11, брой 2, статия № 0777, XIII-8-XIII-15.
- [34.] Ташев П., Ташева Е., Манилова М., Христов С. (2003), Получаване на заварени съединения метал-алуминоокисна керамика по метода дифузионно заваряване във вакуум, Научно списание „Механика транспорт комуникации”, брой 2, статия № 0026, BG-4.8-BG-4.17.
- [35.] Петкова Г., Б. Петков, Автоматизация на процесите за заваряване и наваряване с използване на програмируеми модули, „Механика, транспорт, комуникации“, бр.2/2017, ISSN 1312-3823
- [36.] Петкова Г, Симулационно изпитване на заваръчен ротатор, . „Механика, транспорт, комуникации“, бр.3/2016, ISSN 1312-382:
- [37.] Петков, Б., Е. Йончев, Преносима система за експериментално определяне на параметри при виброуплътняване с траверсоподбивни машини, н.сп. „Механика, транспорт, комуникации“, том 10, брой 3/2, 2012 г., стр.2.37-2.47, ISSN 1312-3823
- [38.] Кръстанов, К., Изследване на световния пазар на трансманипулатори, н.сп. „Механика, транспорт, комуникации“, брой 3/3, 2014, ISSN 1312-3823
- [39.] Кръстанов, К., П. Георгиева, Интелигентни транспортни системи в областта на автомобилния транспорт и връзка с останалите видове транспорт, н.сп. „Механика, транспорт, комуникации“, брой 3/3, 2014, ISSN 1312-3823
- [40.] Петков, Б., В. Василев, Изпитване на хидродинамичен предавател – методика за провеждане на лабораторно упражнение, н.сп. „Механика, транспорт, комуникации“, том 14, брой 3/3, 2016 г. ISSN 1312 – 3823
- [41.] Кръстанов, К., Изследване на метални кранови конструкции на мостови кранове, н.сп. „Механика, транспорт, комуникации“, брой 3/3, 2016, ISSN 1312-3823
- [42.] Петков, Б., Съвместна работа на динамични помпи и помпена инсталация. регулиране на динамични помпи. методика за провеждане на лабораторно изпитване, , н.сп. „Механика, транспорт, комуникации“, брой 3/3, 2018 г. ISSN 1312 – 3823
- [43.] Петков, Б. Г., Структурен и кинематичен анализ на подбивния механизъм на траверсоподбивни машини с циклично действие", н.сп. „Механика, транспорт, комуникации, н.сп., бр.1, 2014 г., ISSN 1312 – 3823
- [44.] Петков, Б. Г., Динамичен анализ на подбивния агрегат на траверсоподбивна машина с циклично действие", н.сп. „Механика, транспорт, комуникации, н.сп., бр.1, 2014 г., ISSN 1312 – 3823
- [45.] Петков, Б. Г., Електро- хидравлична система за виброуплътняване (подбиване) на железния път", н.сп. „Механика, транспорт, комуникации, н.сп., бр.2, 2014 г., ISSN 1312 – 3823
- [46.] Петков, Б., Динамичен модел на вибрационен уплътнител от инерционен тип с две степени на свобода, н.сп. „Механика, транспорт, комуникации“, том 13, брой 3/2, 2015 г. ISSN 1312 – 3823
- [47.] Петков, Б., Изследване на равновесието на вибрационни уплътнителни машини от инерционен тип, н.сп. „Механика, транспорт, комуникации“, том 15, брой 3/2, 2017г. ISSN 1312 – 3823

- [48.] Кръстанов, К., Б. Петков, В. Даскалов, Стенд за изследване на функционирането на ограничител на скоростта на въжено-механичен асансьор, н.сп. „Механика, транспорт, комуникации“, бр.1/2018, ISSN 1312-3823
- [49.] Радлов, К., К. Кръстанов, Л. Лазов, Някои въпроси и решения при извършване на процес на обновяване на електрическо оборудване на товароподемни кранове, н.сп. „Механика, транспорт, комуникации“, бр.1/2018, ISSN 1312-3823
- [50.] Кръстанов, К., Изследване състоянието на товароподемни въжета чрез безразрушителен контрол, н.сп. „Механика, транспорт, комуникации“, бр.1/2018, ISSN 1312-3823
- [51.] Василев Д., Ъглови трептения на корпуса на двигател с вътрешно горене, Механика на машините, 2015, ISSN 0861-9727, година XXIII, книга 2, стр.115-118, Варна,
- [52.] Василев Д., Мутафчиев М., Методика за определяне на действащите върху коляно-мотовилковия механизъм сили и въртящ момент, XXI международна научна конференция "ТРАНСПОРТ 2013", сп. Механика, транспорт, комуникации, т. 11, брой 3, част 2, 2013г., ISSN 1312-3823, с. VII-13 – 19,
- [53.] Василев Д., Мутафчиев М., Влияние на приближенията върху стойностите на действащите върху коляно-мотовилковия механизъм сили и въртящ момент, Механика на машините, 2014, ISSN 0861-9727, година XXII, книга I, стр. 56-59, Варна,
- [54.] Василев Д., Мутафчиев М., Влияние на броя на цилиндрите върху неравномерностите на въртящия момент и на хода на ДВГ, TRANSMOTAUTO'14, Scientific-technical union of mechanical engineering, year XXII, issue 7(156), June 2014, ISSN 1310-3946, s. 11-13,
- [55.] Василев Д., Манолова А., Свободни трептения на механична верига с инерционна връзка между масите, Сборник доклади, III-та научно-техническа сесия с международно участие, 19-20.11.1992, София, с. 219-224.
- [56.] Василев Д., Манолова А., Принудени трептения на механична верига с инерционна връзка между масите, Механика на машините, ISSN 0861-9727, год. 2, кн. 2, Варна, 1994, стр. 20-22,
- [57.] Василев Д., Трептения в нелинейни механични системи с приложение в транспортната техника, Монография, Годишник на ВТУ, бр. 6, 2015 г., ISSN 1314-362X
- [58.] Vasilev D., DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF THE HIGHER EDUCATION SYSTEM IN BULGARIA AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY, International Scientific Conference "Management 2012", Belgrad, 20th – 21st April 2012, s. 714-718
- [59.] Василев Д., Тончев Н., Марков С., СВЪРЗАНОСТ И ВКЛЮЧВАНЕ НА ЕЛЕМЕНТИ ОТ НАНОТЕХНОЛОГИИТЕ В УЧЕБНАТА СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ НА ВИСШЕТО ТРАНСПОРТНО УЧИЛИЩЕ „ТОДОР КАБЛЕШКОВ“, „Механика, транспорт, комуникации“, т. 15, брой 3/3, ISSN 1312-3823(print), ISSN 2367-6620 (online), с. IV-41 - 46.
- [60.] Василев Д., Иванов М., Тончев Н., ПРИЛОЖИМОСТ НА ХЕМОМЕТРИЧНИЯ ПОДХОД В МЕХАНИКАТА И МАТЕРИАЛОЗНАНИЕТО, сп. Механика, транспорт, комуникации, т. 14, брой 3/3, 2016г., ISSN 1312-3823(print), ISSN 2367-6620 (online), с. VII-1 - 10.
- [61.] Димитров Д., Василев Д., ФУНКЦИОНАЛЕН АНАЛИЗ НА НОВОИЗГРАЖДАЩАТА СЕ ИНТЕГРИРАНА ИНФОРМАЦИОННА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ВТУ "Т.КАБЛЕШКОВ", XXI международна научна конференция "ТРАНСПОРТ 2013", сп. Механика, транспорт, комуникации, т. 11, брой 3, част 2, 2013г., ISSN 1312-3823, с. IV-7 - 11.

[62.] Василев Д., Тодорова Д., Анализ, оценка и управление на риска при кризисни ситуации в транспорта, Научна конференция по икономика на отбраната и сигурността, 01.12.2011, ISBN 978-954-644-335-9, София, с. 226-236,

**15 YEARS JOURNAL "MECHANICS, TRANSPORT,
COMMUNICATIONS" RESEARCH IN MATERIAL SCIENCE,
PUBLISHED IN THE JOURNAL "MECHANICS, TRANSPORT,
COMMUNICATIONS" – REVIEW. Part II**

Petar K. Kolev, Daniela D. Todorova
petarkolev@vtu.bg, dtodorova@vtu.bg

***Todor Kableshkov University of Transport Geo Milev str. 158, 1574 Sofia
BULGARIA***

Key words: *overview, metal science, material technology, weldability, efficient solutions, rational technological modes.*

Abstract: *This paper reviews the research in the field of material science. Scientific analyzes are made on modeling and optimization of technological processes, welding of materials, technological tasks for the development of materials and their technologies*

The first part of the analytical review is devoted to an approach developed by researchers at the „Todor Kableshkov“ University of Transport. This approach can help interdisciplinary teams of different higher schools to support the Bulgarian economy and science. Various technological tasks related to the repair of worn surfaces after application of coatings with reinforcing properties have been considered. The refinement of the different tasks and the corresponding decisions lead to the creation of an approach that helps to determine a rational solution in determining effective solutions, which is related to the reduction of energy costs or the raw material used.

The second part of the review analyzes material material studies of lecturers from University of Transport "Todor Kableshkov" and their colleagues.

A total of 101 papers are analyzed and commented in the review paper, divided respectively into 51 in the first part and 50 in the second part. An emphasis is placed on the contribution of the „Todor Kableshkov“ University of Transport in the development of Bulgarian material science.

The papers viewed and analyzed in this review cover research over a continuous period of twenty-five years.

The review takes into account the accumulated experience of the researchers at the „Todor Kableshkov“ University of Transport, through which it is possible to reach important decisions in the field of material science using universal algorithms.

The preparation of this review on research in this area is dictated by the idea of generalizing the results of the analyzes carried out and giving in concentrated form information about the results obtained by the authors.