

**РЕЦЕНЗИЈА**  
**НА ДОКТОРСКАТА ДИСЕРТАЦИЈА ПОД НАСЛОВ „ВЛИЈАНИЕ НА**  
**КОНСТРУКТИВНИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОПТОВАРУВАЊЕТО**  
**НА ЧИНИЕСТИТЕ ПРУЖИНИ НА СПОЈКИТЕ ОД МОТОРНИ ВОЗИЛА“**  
**ИЗРАБОТЕНА ОД М-Р САШКО МИЛЕВ, ПРИЈАВЕНА НА МАШИНСКИ**  
**ФАКУЛТЕТ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ ВО ШТИП**

Со Одлука број 0206-879/3 од 23.12.2019 година донесена на 47-та редовна седница на Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 (биотехнички науки, техничко-технолошки и природно-математички науки) при Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, одржана на 23.12.2019г. година формирана е Комисија за оценка и одбрана на докторската дисертација под наслов „Влијание на конструктивните карактеристики на оптоварувањето на чиниестите пружини на спојките од моторни возила“ пријавена и изработена од кандидатот м-р Сашко Милев, во состав:

проф. д-р Елениор Николов – претседател,  
 проф. д-р Ристо Кукутанов – член,  
 проф. д-р Радомир Цветаноски – член,  
 проф. д-р Петар Симоновски – екстерен ментор, член,  
 проф. д-р Симеон Симеонов – ментор, член.

Комисијата во наведениот состав, по прегледувањето на докторската дисертација, го поднесува следниов

**ИЗВЕШТАЈ**

**Анализа на трудот**

Докторската дисертација со наслов „Влијание на конструктивните карактеристики на оптоварувањето на чиниестите пружини на спојките од моторни возила“ пријавена и изработена од м-р Сашко Милев, асистент-докторанд на Машински факултет при Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип е напишана на 170 страници, на А4 формат, со вкупно 127 слики и 46 табели. Дисертацијата ги опфаќа следните поглавја: Вовед, Теоретски дел, Цел на истражувањето, Методи на истражувачката работа, Верификација на избраниот модел на испитување, Промена на напоните кај чиниестите пружини во зависност од положбата на потпорните точки, Влијание на геометрискиот облик на корените на краците врз напонската состојба на чиниестите пружини од моторните возила, Влијание на брзината на лизгање на фриксионите облошки врз триболошките параметри на фриксионите спојки кај моторните возила, Испитување на влијанието на промената на одредени параметри (дебелина, агол и број на краци) врз оптоварувањето на чиниестите пружини, Заклучок, Користена литература и Прилог.

Во понатамошниот тек од овој Извештај е даден краток осврт за секое поглавје од докторската дисертација.

**Во првото поглавје** - Воведен дел даден е краток опис на чиниестите пружини како составен дел од фриксионите спојки, функцијата и начинот на работа на фриксионите спојки. Опишан е процесот на вклучување и исклучување на фриксионите спојки со помош на чиниеста пружина и начинот на промена на аголите брзини на моторот и на трансмисијата на возилото за време на вклучување на спојките.

**Во второто поглавје** - Теоретски дел најпрво е даден преглед на развојот на спојките во зависност од конструктивните форми на пружините. Опишани се предностите на чиниестите во однос на притисно спиралните пружини. Презентирани се некои општи особини на чиниестите пружини и поделба на спојките на притисни и влечни, според начинот на кој делува силата на исклучување. Од аспект на поврзувањето на пружините опишани се спојките со слободно и принудно поврзување. Даден е опис на особините кои

треба да ги имаат материјалите од кои се произведуваат пружините и направен е преглед на најчесто користените материјали за изработка на пружини. Анализирани се една од најважните особини на чиниестите пружини-нивната крутост. Извршена е поделба на чиниестите пружини во три класи во зависност од односот помеѓу отклонот при рамна положба на пружината и нејзината дебелина. Опишани се геометриските форми на чиниестите пружини, најчесто користените облици на профилот на корените на краците на чиниестите пружини и формата на завршетокот краците. Детално е опишан начинот на емпириско пресметување на оптоварувањата на чиниестите пружини во четирите карактеристични точки за секоја чиниеста пружина, односно опишана е напонската состојба според формулите на Almen-Laszlo, со детален приказ на напоните во горната и долната површина на пружините. Динамичката издржливост на чиниестите пружини е објаснета од аспект на замор и појавата на микрорукнатини и фрактури на материјалот. Во однос на технолошките фактори кои влијаат на издржливоста на чиниестите пружини акцент е даден на бомбардирањето на површината од пружината со челични топчиња и на процесот на калење. Во ова поглавје е направен прецизен и концизен преглед на карактеристиките на чиниестите пружини, со јасен преглед на деталите потребни за темелно проучување на оптоварувањата кај чиниестите пружини.

**Во третото поглавје** – Цел на истражувањето е дефинирана целта да се дојде до заклучоци кои ќе овозможат подобрување на карактеристиките на спојките, преку развивање на чиниести пружини кои ќе овозможат пренос на поголем вртежен момент, односно зголемување на издржливоста на чиниестите пружини, а со тоа и на фриксионите спојки кај моторните возила. Да се овозможи развој на чиниести пружини кои би се користеле кај фриксиони спојки кај тешки товарни возила, со носивост и до 60 тона и кои би овозможиле поагресивна, побрза промена на вртежниот момент.

**Во четвртото поглавје** – Методи на истражувачката работа опишани се користените методи при проучувањето на оптоварувањето на пружините. Во докторската дисертација се користени три различни методи на испитување на оптоварувањето. Првиот е аналитички метод со користење на ALMEN-LAZSLO формулите за пресметка на напоните кај чиниестите пружини. Вториот користен метод е со помош на софтверски пакет, преку конструирање на виртуелен модел на чиниеста пружина, базиран на Методот на конечни елементи. Третиот метод е со директни експериментални мерења на напоните за зададената чиниеста пружина. При секое експериментално испитување објаснета е користената опрема и начинот на спроведеното испитување.

**Во петтото поглавје** – Верификација на избраниот модел на испитување, во првиот дел најпрво со помош на методот на Almen-Laszlo пресметани се напоните во 4-те карактеристични точки на чиниестата пружина, врз основа на добиените вредности исцртани се дијаграмот на силата во зависност од отклонот на пружината, дијаграмот на исклучната сила на спојката, дијаграмот на силата на чиниестата пружина со и без потпорни точки. Во вториот дел од ова поглавје со помош на Методот на конечни елементи, софтверски добиени се распределбите на тангентните и на вкупните (Von Misses) напони од горната и од долната страна на испитуваните модели. Во третиот дел со користење на испитен стол, со користење на мерна машина, која овозможува истовремено мерење и исцртување на големината и текот на притисната и исклучната сила на чиниестата пружина е извршено мерење на тангентниот напон кај чиниестата пружина. На крајот од ова поглавје е извршена споредба и анализа на резултатите добиени според трите методи.

**Во шестото поглавје** - Промена на напоните кај чиниестите пружини во зависност од положбата на потпорните точки со користење на соодветен софтвер базиран на МКЕ направена е анализа на оптоварувањето на чиниестите пружини во зависност од бројот на потпорните точки на кои се потпира чиниестата пружина и од положбата на самите потпорни точки, од двете страни на пружините, во рамна и исклучна положба. Поточно, испитувано е влијанието на оддалеченоста на потпорната точка од горната страна на

чиниестата пружина од корените на краците, врз напонската состојба на пружината.

**Во седмото поглавје** – Влијание на геометрискиот облик на корените на краците врз оптоварувањето на чиниестите пружини извршена е анализа на распоредот на напоните околу корените на краците на чиниестите пружини во зависност од обликот на самиот корен дали има елипсеста, кружна или правоаголна форма и добиени се кривите на распределба на напоните за секоја од овие форми на корени на краците. Извршено е и експериментално испитување на динамичката издржливост на чиниестите пружини и од добиените резултати изведени се соодветни заклучоци. Анализираниа е и распределбата на напоните по должината на напречните пресеци на корените на краците на пружините (во најмалите напречни пресеци на краците).

**Во осмото поглавје** – Влијание на брзината на лизгање на фриксионите облошки врз триболошките параметри на фриксионите спојки најпрво е даден краток осврт на влијанието на температурата, притисокот и коефициентот на триење врз специфичното истрошување на облошките, а потоа е испитувано влијанието на брзината на лизгање врз триболошките параметри за облошка ( $\emptyset 350/\emptyset 195 \times 3,5$ ). Врз основа на експериментално добиените мерења добиени се дијаграмите на специфичното истрошување на облошките на спојките и промената на коефициентот на триење на спојките во зависност од брзината на лизгање.

**Во деветото поглавје** – Испитување на влијанието на промената на одредени параметри врз оптоварувањето на чиниестата пружина со помош на модели базирани на МКЕ испитувањата се извршени во три посебни целини. Притоа плочестиот дел од чиниестите пружини е разделен на 21 конечен елемент, со цел користење на софтверски пакет базиран на МКЕ. Промените на напонските состојби се анализирани врз основа на податоците за напоните добиени поодделно за секој од овие 21 конечен елемент за 9 различни вредности за отклонот на пружините..

Во првиот дел од деветото поглавје е испитувано влијанието на промената на дебелината на чиниестите пружини врз нивната напонска состојба. За четири чиниести пружини, кои помеѓу себе се разликуваат единствено според нивната дебелина, добиени се дијаграмите на распределба на напоните за секоја од четирите дебелини, за секој конечен елемент, како и дијаграмите на зависност на зголемувањето на напоните од зголемувањето на дебелината на пружината, во насока на промена на дијаметарот по плочестиот дел на пружината. Со анализа на добиените податоци определена е и равенката на кривата на разграничување на областите на намалување и зголемување на напоните во дел од плочестиот дел од чиниестите пружини, со менување на отклонот на чиниестите пружини..

Во вториот дел од деветото поглавје анализирани се промените во напонската состојба кај чиниестите пружини при промена на аголот на пружините. Софтверски се определени распределбите на напоните за секоја различна вредност на аголот на пружините, добиени се соодветни дијаграми за влијанието на промената на аглите на пружините врз нивната напонска состојба, во насока на зголемување на дијаметарот по плочестиот дел од чиниестите пружини. Со анализа на вредностите за добиените напони конструирани се и дијаграми на зависноста на промената (и релативната промена) на напонот за различни дијаметри од чиниестите пружини во зависност од отклонот на пружините.

Во третиот дел од деветото поглавје анализирано е влијанието на бројот на краците врз напонската состојба на чиниестите пружини. Исцртани се дијаграми на зависноста на напоните и релативната промена на напонот од отклонот на пружината и притоа се добиени соодветни заклучоци.

Во десетиот дел - Заклучоци, кандидатот јасно и децидно ги објаснува заклучоците до кои е дојдено врз основа на извршените обемни истражувања.

Во делот – Прилог дадени се табели во кои се презентирани извршените пресметки врз основа на кои е дојдено до резултатите од истражувањата.

Експерименталните испитувања опфатени со оваа докторска дисертација се вршени

во реални услови, во испитниот центар на фабриката Руен Инокс Аутомобиле во Кочани, во која се произведуваат фрикциони спојки чиешто составни делови се и чиниестите пружини. Експерименталните мерења се реализирани со помош на акредитирана лабораторија од Машинскиот факултет од Универзитетот „Св.Кирил и Методиј“ во Скопје, додека софтверските симулации се вршени на Институтот за машински конструкции, маханизациони машини и возила од истиот факултет.

Докторската дисертација изработена под менторство на проф.д-р Симеон Симеонов, редовен професор на Машински факултет при Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип, како интересен ментор и проф.д-р Петар Симоновски, редовен професор на Машински факултет при Универзитетот „Св.Кирил и Методиј“ во Скопје, како екстерен ментор е успешно завршена. Трудот е јасно напишан, на научно и стручно ниво, испитувањата и анализите се добро систематизирани, добиените резултати се презентирани на ефективен и концизен начин, добиени се конкретни заклучоци за тесно специјализирана проблематика поврзана со фрикционите спојки.

## ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ

Комисијата за оценка и одбрана детално ја разгледа докторската дисертација со наслов „Влијание на конструктивните карактеристики на оптоварувањето на чиниестите пружини на спојките од моторни возила“, изработена од кандидатот м-р Сашко Милев, асистент-докторанд на Машински факултет при Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип и донесе заклучок дека истата претставува оригинален, самостоен, прецизно дефиниран, јасно оформен научен труд со систематски разработена проблематика и оригинални научни истражувања и резултати. Докторската дисертација врз основа на содржината, обемот и постигнатото ниво на квалитет на научна работа ги задоволува и исполнува условите потребни за изработка на докторска дисертација.

Врз основа на претходно изнесеното, Комисијата има чест да му предложи на Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 да ја прифати позитивната рецензија на докторската дисертација со наслов „Влијание на конструктивните карактеристики на оптоварувањето на чиниестите пружини на спојките од моторни возила“, изработена од асистент-докторанд м-р Сашко Милев и да одобри јавна одбрана на истата.

### РЕЦЕНЗЕНТСКА КОМИСИЈА :

1. проф. д-р Елениор Николов, претседател, с.р.
2. проф. д-р Ристо Кукутанов, член, с.р.
3. проф. д-р Радомир Цветаноски, член, с.р.
4. проф. д-р Петар Симоновски, екстерен ментор, член, с.р.
5. проф. д-р Симеон Симеонов, ментор, член, с.р.