

## **ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Жељка Р. Флајса**, дипл. инж. грађ.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 146/2 од 09.02.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Жељка Флајса, дипл. инж. грађ., под насловом:

**„Мерни мехатронички систем за надзор угиба гредних структура праћењем дилатација у основном материјалу“**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

### **РЕФЕРАТ**

#### **1. УВОД**

##### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Жељко Флајс је школске 2009/2010. године уписао прву годину докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду. Све испите предвиђене планом докторских студија положио је са просечном оценом 9,93 (девет и 93/100).

Кандидат је 15.12.2020. године поднео захтев број 1981/1 да му се одобри израда докторске дисертације на Машинском факултету Универзитета у Београду, а за ментора је предложио др Емила Вега, ванредног професора Машинског факултета Универзитета у Београду. На основу сагласности Катедре за Теорију механизма и машина број 80/1 од 18.01.2021. године, Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду 11.02.2021. године доноси Одлуку број 80/2 о именовану Комисије за оцену подобности теме кандидата Жељка Флајса, студента докторских студија на Машинском факултету у Београду, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме: „Мерни мехатронички систем за надзор угиба гредних структура праћењем дилатација у основном материјалу“ у саставу:

- др Емил Вег (ментор), ванредни професор, Универзитет у Београду - Машински факултет,
- др Бранислав Попконстантиновић, редовни професор, Универзитет у Београду - Машински факултет,
- др Александар Седмак, професор емеритус, Универзитет у Београду - Машински факултет,
- др Горан Шиниковић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Машински факултет,
- др Ксенија Јанковић, научни саветник, Институт за испитивање материјала А.Д. из Београда.

На основу извештаја наведене комисије, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду 08.04.2021. године доноси Одлуку број 80/4 да се прихвата научна заснованост теме докторске дисертације, констатује да кандидат испуњава све услове за израду дисертације, а за ментора се именује др Емил Вег, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду 28.04.2021. године доноси Одлуку број 61206-1677/2-21 којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Жељка Флајса, под насловом: „Мерни мехатронички систем за надзор угиба гредних структура праћењем дилатација у основном материјалу“.

На основу обавештења ванр. проф. др Емила Вега да је кандидат Жељко Флајс завршио докторску дисертацију под насловом: „Мерни мехатронички систем за надзор угиба гредних структура праћењем дилатација у основном материјалу“, и предлога Катедре за Теорију механизма и машина број 146/1 од 26.01.2023. године, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници одржаној 09.02.2023. године доноси одлуку број 146/2 којом се именују чланови Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- др Емил Вег (ментор), ванредни професор, Универзитет у Београду - Машински факултет,
- др Бранислав Попконстантиновић, редовни професор, Универзитет у Београду - Машински факултет,
- др Александар Седмак, професор емеритус, Универзитет у Београду - Машински факултет,
- др Горан Шиниковић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Машински факултет,
- др Ксенија Јанковић, научни саветник, Институт за испитивање материјала А.Д. из Београда.

### 1.2 Научна област дисертације

Докторска дисертација кандидата Жељка Флајса под насловом „**Мерни мехатронички систем за надзор угиба гредних структура праћењем дилатација у основном материјалу**“, припада области техничких наука – машинству, ужој научној области Теорија механизма и машина, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

Израдом докторске дисертације руководио је др Емил Вег, ванредни професор на Катедри за теорију механизма и машина Машинског факултета - Универзитета у Београду.

### 1.3 Биографски подаци о кандидату

Жељко (Ратимира) Флајс, рођен је 08.10.1973. године у Београду. По завршеној основној школи „Јован Цвијић“ у Београду, уписао је I Београдску гиманзију у Београду, где је матурирао 1992. године. По завршетку школовања у I Београдској гиманзији, одлази на одслужење војног рока, који је у тадашњој држави био обавезан. Грађевински факултет у Београду уписао је 1994. године, а дипломирао је 2004. године, на грађевинском одсеку, конструктивног смера, са средњом оценом 7,48. Дипломски рад, на тему „Пројекат армиранобетонског лучног моста“, кандидат је одбранио на Грађевинском факултету у Београду, оценом 10.

У јануару 2005. године, заснива стални радни однос у Институту за испитивање материјала у Београду – Институт ИМС, у оквиру организационе целине Центар за технологију преднапрезања и конструкције, Лабораторија за испитивање конструкција. У оквиру Лабораторије за испитивање конструкција, спроводио је испитивања грађевинских конструкција и елемената конструкција, и у највећој мери је био ангажован на спровођењу испитивања пробним оптерећењем друмских и железничких мостова у складу са захтевима

стандарда СРПС У.М1.046:1984. У периоду од 2005. године до данас, у својству одговорног руководиоца испитивања, извршио је испитивање пробним оптерећењем на више од 200 друмских и железничких мостова.

У априлу 2009. године именован је за руководиоца Лабораторије за испитивање конструкција Института ИМС, и ту функцију обавља и данас. За време обављања дужности руководиоца лабораторије, уводи савремени приступ у спровођењу механичких испитивања грађевинских структура, применом мерно-аквизиционих јединица, електроотпорних и индуктивних сензора за мерење глобалних и локалних деформационих карактеристика структура. Од значајнијих стручних пројеката које је спровео као одговорни рукодилац испитивања пробним оптерећењем издвајају се: Испитивање друмског моста „Газела“ преко реке Саве у Београду, испитивање друмског моста преко реке Дунав у Бешкој, испитивање друмског моста преко реке Дунав на путу Смедерево – Ковин, испитивање железничких мостова на деоници: Стара Пазова - Нови Сад, испитивање кранског носача у машинској сали ХЕ „Бердап 1“ у Кладову, испитивање ротокопача на објекту ДУ1 ТЕ „Никола Тесла 1“ у Обреновцу.

Школске 2009/2010. године уписује Докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду (број индекса Д38/09). Кандидат је положио све испите са просечном оценом 9,93 ( девет и 93/100).

Користи се програмима из пакета *Microsoft Office*, програмима за одређивање статичких и динамичких утицаја у структурама применом методе коначних елемената - *Radimpex Tower* и *Bentley StaadPro*, КОМИПС, програмима за моделирање на рачунару – *AutoCAD* и *Bentley ProStructure*, програмима за прикупљање и обраду мерених података са мерно-аквизицијских уређаја *Catman AP НВМ* и *Diadem National instruments*. Активно се служи (говори, чита, пише) енглеским језиком, а служи се и немачким језиком.

Током Докторских студија учествовао је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом „Развој савремених метода дијагностике и испитивања машинских структура“, евиденциони број ТР35040. Руководилац пројекта проф. др Ташко Манески. Трајање пројекта 01.01.2012. – 31.12.2019. године.

Учесник је пројекта за истраживања финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије по Уговору евиденционог броја br. 451-03-68/2022-14/200012.

Кандидат Жељко Флајс је аутор:

- четири рада објављена у научним часописима међународног значаја категорије М23,
- два рада објављена у научним часописима међународног значаја верификованог посебном одлуком категорије М24,
- пет радова са међународних конференција штампаних у целини категорије М33.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Жељка Флајса, дипл. инж. грађ., под називом „Мерни мехатронички систем за надзор угиба гредних структура праћењем дилатација у основном материјалу“ написана је на српском језику, ћириличним писмом и садржи: 255 страна формата А4, 100 слика, 89 табела, 45 нумерисаних израза и 106 библиографских референци.

Докторска дисертација се састоји од следећих поглавља:

1. Увод;
2. Преглед литературе;
3. Нумерички поступак прорачуна вертикалних померања из познатих вредности дилатација;
4. Опис експерименталног испитивања на гредном носачу и примена поступка за посредно израчунавање вертикалних померања из познатих вредности дилатација;
5. Испитивање на реалној структури кранског носача и примена предложеног нумеричког поступка прорачуна угиба на основу познатих вредности дилатација у основном материјалу;
6. Резултати обављених испитивања и упоређење добијених резултата;
7. Приказ развијеног мерног мехатроничког система за надзор угиба гредних структура;
8. Закључак;

Осим наведеног, докторска дисертација садржи насловну страну на српском и енглеском језику, страну са подацима о ментору и члановима Комисије, кратак резиме докторске дисертације на српском и енглеском језику, захвалнице, садржај, списак слика, списак ознака, литературу, прилог, биографију аутора, Изјаву о ауторству, Изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

## 2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Уводно поглавље ове дисертације пружа основне поставке које дисертација разматра, а то је утврђивање глобалне деформацијске величине - вертикално померање, на основу измерених локалних деформационих величина, тј. посредно утврђивање вертикалног померања - угиба структуре на њеној укупној дужини, на основу познатих вредности дилатација у основном материјалу структуре. У уводном поглављу дат је приказ метода и инструмената са којима се мерења угиба структура могу вршити, са освртом на њихове добре и лоше карактеристике. Дат је опис предмета истраживања, циљеви истраживања, полазне хипотезе и примењена методологија. Наведени су очекивани резултати и доприноси истраживања, и описана је структура дисертације.

У другом поглављу дат је преглед литературе која се бави темом континуалног мерења угиба структуре. Континуално мерење угиба, подразумева мерење угиба које се одвија у току експлоатационог века структуре и које се не прекида, тј. читавање вредности измерених угиба се обавља у веома малим временским интервалима и нема физичког прекида мерења. Приказане су постојеће методе за обављање континуалног мерења угиба структура које не користе постојећу везу између познатих вредности дилатација у основном материјалу структуре и угиба, њихове предности и недостаци. Описана је постојећа метода за обављање континуалног мерења угиба на основу познатих дилатација у основном материјалу структуре, са посебним освртом на техничку теорију савијања греде - деформацију греде, и њене претпоставке и теоријске релације на основу којих је могуће из познавања вредности дилатација израчунати вредности угиба структура. Теоријски поступак састоји се у добијању функције кривине греде, на основу измерених вредности дилатација, а затим применом двоструке интеграције функције кривине греде добијању вредности функције угиба. У овом поглављу се описују мане описаног поступка који се базира на решавању диференцијалних једначина и одређивању интеграционих константи по изразима техничке теорије савијања греде и даје се предлог за унапређење поступка израчунавања угиба на основу познатих дилатација. Дат је детаљан теоријски поступак за добијање

функције кривине греде интерполирање кубном кривом, на основу познатих вредности дилатација у основном материјалу структуре, над којој се потом примењује поступак двоструке нумеричке интеграције за добијање вредности угиба греде. Унапређење поступка огледа се у могућности израде аутоматизованог поступка прорачуна који се лако може имплементирати у рачунарски контролисани мерни мехатронички систем за надзор угиба гредних структура на основу познатих вредности дилатација.

Треће поглавље даје комплетан приказ нумеричког поступка прорачуна који се добија путем решавања диференцијалних једначина, тј. након формирања функције кривине греде на основу познатих вредности дилатација, решавања диференцијалних једначина и одређивања интеграционих константи из познатих услова, добијају се вредности угиба греде у претходно одређеним позицијама на греди. Поступак прорачуна приказан је на аналитичком моделу просте греде, према *Bernoulli-Euler*-овој теорији греде. Греда је континуално оптерећена, а вредности угиба које су добијене прорачуном упоређене су са вредностима угиба на основу аналитичких израза за угибе континуално оптерећених простих греда. Упоређењем резултата, потврђена је валидност поступка прорачуна, јер су добијене идентичне вредности угиба. У даљем тексту се приказује примена унапређења предложеног поступка, који се изводи на истом аналитичком моделу континуално оптерећене просте греде. Приказане су разлике између ова два поступка, тј. предности унапређеног поступка прорачуна са нагласком на применљивост на греде са различитим контурним условима. У даљем тексту се приказује комплетан поступак унапређеног прорачуна, и даје се приказ упоредних вредности угиба добијених предложеним унапређеним поступком и вредности угиба добијених применом аналитичких израза.

Четврто поглавље даје приказ провере предложеног поступка прорачуна на експерименталном моделу греде. Експериментални модел греде усвојен је тако да буде идентичан са усвојеним аналитичким моделом, како би се могло извршити поређење добијених вредности угиба. Разлика између аналитичког и експерименталног модела огледа се у томе што су код аналитичког модела усвојене рачунске вредности дилатација у основном материјалу греде, која је оптерећена константним континуалним оптерећењем, док су код експерименталног модела вредности дилатација у основном материјалу греде измерене помоћу електроотпорних екстензометара - мерних трака, услед делујућег оптерећења. Такође, израчунате вредности угиба добијене применом предложеног поступка нису упоређиване са вредностима угиба добијених помоћу аналитичких израза, већ је мерење угиба греде вршено помоћу индуктивних угибомера. Оптерећење експерименталног модела греде изведено је на такав начин да буде што приближније оптерећењу усвојеном у аналитичком моделу. Провера поступка прорачуна изведена је за неколико нивоа оптерећења и дате су упоредне вредности израчунатих и измерених угиба.

У петом поглављу извршена је провера унапређеног поступка прорачуна на реалној структури гредног носача кранске стазе услед деловања експлоатационог оптерећења. Вредности дилатација у основном материјалу гредног носача, услед деловања оптерећења, мерене су помоћу мерних трака, а израчунате вредности угиба по предложеном поступку, упоређене су са вредностима угиба које су измерене помоћу постављених угибомера. Поступак прорачуна је провераван кроз више нивоа оптерећења, и на крају поглавља дато је поређење израчунатих и измерених вредности гредног носача кранске стазе.

Шесто поглавље даје приказ и поређење остварених резултата I и II фазе истраживања, истраживања које је спроведено на експерименталном моделу греде и истраживање које је спроведено на реалној структури гредног носача кранске стазе. Приказана су апсолутна и релативна одступања израчунатих и измерених вредности угиба за обе фазе истраживања и дата је дискусија резултата обављених истраживања.

У седмом поглављу дат је приказ формирања мерног мехатроничког система за надзор угиба гредних структура праћењем дилатација у основном материјалу. Дат је приказ

елемената мерног мехатроничког система, који је базиран на примени економски најповољнијих сензора за мерење дилатација, електроотпорних екстензометара - мерних трака. Одабир осталих елемената мерног мехатроничког система је у директној зависности од одабраних сензора за мерење дилатација, па су у овом поглављу детаљније описане предности и мане, као и примењена решења за поуздан рад мерних трака у циљу остваривања поузданих вредности дилатација. Извршен је и одабир произвођача мерних уређаја који су у највећој мери прилагођени за рад са мерним тракама како би се добили што поузданије измерене вредности. Предност овог произвођача мерних уређаја, поред тога што су у највећој мери развијени за поуздан рад са мерним тракама, јесте што поред уређаја обезбеђује и рачунарски програм за контролу мерних уређаја. Рачунарски програм је веома добро осмишљен, релативно лак за употребу и поседује могућност за имплементирање предложеног побољшаног поступка за прорачун угиба гредних структура на основу измерених дилатација. Поузданост рада формираног мехатроничког система проверен је на експерименталном моделу греде, поређењем израчунатих вредности угиба путем предложеног поступка и директно измерених вредности угиба добијених помоћу индуктивних угибомера, услед више нивоа делујућег оптерећења. Приказан је рад мерног мехатроничког система који у континуитету може вршити мерење угиба гредних носача без прекидања процеса мерења (да би се обавио поступак израчунавања угиба) и вршити приказ измерених вредности у реалном времену.

У последњем тематском, осмом поглављу, изложени су основни закључци ове докторске дисертације.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1 Савременост и оригиналност**

Истраживања у области континуалног праћења стања структура под делујућим оптерећењем изразито су значајна и актуелна, што потврђује велики број радова објављених у научно-стручној литератури током последњих година. Докторска дисертација кандидата Жељка Флајса бави се развојем мерног мехатроничког система за надзор угиба гредних структура праћењем дилатација у основном материјалу помоћу унапређеног поступка прорачуна вертикалних померања - угиба структура на основу познатих дилатација у основном материјалу. Предложена методологија обезбеђује израчунавање вредности угиба структура са задовољавајућом тачношћу, за примену у поступку мониторинга структура.

У оквиру докторске дисертације примењени су савремени истраживачки поступци уз развој и коришћење савремених софтверских и мерно-аквизиционих решења за извођење експеримената.

Оригиналност добијених резултата у оквиру докторске дисертације потврђује научни рад који је објављен у релевантном међународном часопису.

#### **3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу**

Кандидат је током израде докторске дисертације детаљно истражио постојећу релевантну литературу која покрива разматрану научну област, што је резултовало списком од укупно 106 библиографских референци. Ове референце су послужиле не само као основа за преглед досадашњих истраживања и приказ постојећег стања у разматраној области, већ и као основа за развој нове методе. Најважнији литературни изводи су детаљно анализирани. Изузев литературе која је пионирска и фундаментална, у највећем броју случајева наведени научни радови су новијег датума што указује на савременост и актуелност истраживане теме. На основу обима коришћене литературе може се закључити да је кандидат имао темељан увид у досадашње доприносе у овој и другим блиским научним областима. Приложени

списак коришћене литературе укључује публикације из часописа међународног значаја и публикација на међународним конференцијама.

### 3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

У току израде докторске дисертације коришћене су следеће научне методе (теорије):

- *Bernoulli-Euler*-ова теорија греде;
- *Bernoulli-Navier*-ова хипотеза линеарне расподеле напона по висини попречног пресека греде;
- Техничка теорија савијања греде у равни. Деформација греде;
- Познавање математичког апарата оличеног у примени теорије диференцијалних једначина, интеграла, нумеричке анализе и интерполације;
- Методе за имплементирање развијеног побољшаног поступка прорачуна у модерни софтверски алат који омогућава физичку реализацију мерног мехатроничког система.

Наведене методе су током истраживања примењене на адекватан начин, а резултати истраживања су експериментално верификовани.

### 3.4 Применљивост остварених резултата

Резултати истраживања који су остварени у оквиру ове дисертације имају научни али и практични значај у решавању проблема континуалног праћења - надзора угиба мостовских и индустријских структура. Предложени поступак прорачуна угиба структура, који је имплементиран у мерни мехатронички систем, применљив је за све гредне структуре које су оптерећене статичким или квази-статичким оптерећењем и независан је од контурних услова греде. Развијени мерни мехатронички систем обезбеђује податке о угибима оптерећених гредних структура и уклања потребу за мерењем угиба структура помоћу других постојећих система, који или нису применљиви за све могуће експлоатационе случајеве или немају неопходну брзину мерења или тражену прецизност. Поред главног задатка - израчунавања угиба структура, развијени мехатронички систем располаже и са подацима напрезања у самој структури од делујућег оптерећења, који се такође могу приказивати у континуитету. Познавање напона напрезања омогућава јаснију слику о стању осматране структуре у њеном експлоатационом периоду. Практична примена могућа је код великог броја гредних структура, превасходно мостовских структура и структура носача кранских стаза. Практична и експериментална верификација изведена је на два експериментална модела и једној структури која се налази у експлоатацији.

### 3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Жељко Флајс је кроз реализацију ове докторске дисертације у потпуности доказао способност за самостално спровођење научно-истраживачког, али и практичног рада. Осим систематичног прегледа савремених истраживања, дефинисања сопствених математичких и нумеричких модела, спровођења нумеричких испитивања, кандидат је реализовао и бројна експериментална истраживања и извршио упоредне анализе резултата применом развијених и већ постојећих метода. Све ове активности потврђене су у научном раду који је кандидат публиковао у часопису од међународног значаја.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1 Приказ остварених научних доприноса

Оригинални научни допринос кандидата Жељка Флајса и његове докторске дисертације под називом "Мерни мехатронички систем за надзор угиба гредних структура праћењем дилатација у основном материјалу" огледа се у развоју унапређеног поступка прорачуна угиба, из познатих вредности дилатација у основном материјалу структуре под делујућим оптерећењем - развијање нумеричког поступка прорачуна угиба из познатих дилатација, који се заснива на употреби интерполационе кубне криве и нумеричке интеграције, што је приказано у поглављима 3 (од стране 81 до стране 94), поглављу 4 (од стране 123 до стране 131), поглављу 5 (од стране 141 до стране 154), поглављу 7 (од стране 194 до стране 206) и поглављу 10 (од стране 225 до стране 255) докторске дисертације, и објављено у раду категорије M23, у часопису *Technical Gazette*, који је доступан на е-адреси <https://doi.org/10.17559/TV-20200123124502> на коме је кандидат први аутор и једини докторанд.

### 4.2 Критичка анализа резултата истраживања

На основу систематичног прегледа предочене научне литературе и постојећих решења из области докторске дисертације, Комисија констатује да су остварени резултати истраживања кандидата Жељка Флајса научно утемељени и изузетно значајни. Сагледавањем постављених циљева истраживања, полазних претпоставки и остварених резултата приказаних у докторској дисертацији, констатујемо да је кандидат успешно одговорио на сва релевантна питања из проблематике којом се докторска дисертација бави. Развијена метода прорачуна има применљивост у области надзора угиба гредних структура у домену еластичних деформација. Приказани мерни мехатронички систем, у који је имплементиран развијени поступак прорачуна угиба структура на основу познатих дилатација у основном материјалу остварује добре резултате у израчунавању угиба, при чему су добијени резултати контролисани и упоређивани са другим системом исте намене.

### 4.3 Верификација научних доприноса

У следећем научном раду је верификован научни допринос предметне докторске дисертације:

#### Категорија M23:

1. Ž.Flajs, E.Veg, N.Gubelj, G.Šiniković: *Deflection Calculation for Beam-type Structures from Measured Strain Data*, Technical gazette, Vol. 27 No. 2, 2020, pp. 665-670, DOI: <https://doi.org/10.17559/TV-20200123124502>

У оквиру овог научног рада приказана је процедура провере алгоритма прорачуна за добијање вертикалних померања - угиба структуре, на основу познатих вредности дилатација у материјалу структуре, при деловању оптерећења. Упоређивањем нумеричких и експерименталних резултата валидиран је развијени нумерички поступак прорачуна угиба из познатих дилатација, који се заснива на употреби интерполационе кубне криве и нумеричке интеграције, што је главни научни допринос ове дисертације.



## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу детаљног прегледа и анализе докторске дисертације, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је докторска дисертација под називом „**Мерни мехатронички систем за надзор угиба гредних структура праћењем дилатација у основном материјалу**“ кандидата **Жељка Флајса**, дипл. инж. грађ., урађена према свим стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и да је у складу са Статутом и Правилником о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду. На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији, Комисија констатује да је кандидат **Жељко Флајс**, дипл. инж. грађ., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања.

Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да докторска дисертација под називом „**Мерни мехатронички систем за надзор угиба гредних структура праћењем дилатација у основном материјалу**“ представља оригиналан и вредна научни рад са научним доприносима у области машинства, ужа научна област Теорија механизма и машина. Имајући у виду наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да Реферат прихвати, дисертацију стави на увид јавности у складу са законским одредбама и упути Реферат на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат **Жељко Флајс**, дипл. инж. грађ., позове на јавну одбрану дисертације.

Београд 30.03.2023.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

---

др Емил Вег, ванредни професор  
Универзитет у Београду - Машински факултет

---

др Бранислав Попконстантиновић, редовни професор  
Универзитет у Београду - Машински факултет

---

др Александар Седмак, професор емеритус  
Универзитет у Београду - Машински факултет

---

др Горан Шиниковић, ванредни професор  
Универзитет у Београду - Машински факултет

---

др Ксенија Јанковић, научни саветник  
Институт за испитивање материјала А.Д. из Београда