

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

„Нова метода за пројектовање и прорачун складишних система“

Аутори техничког решења

- *Mr Родољуб Вујанац, дипл. маш. инж.*
- *Dr Радован Славковић, ред. проф.*
- *Dr Мирослав Живковић, ред. проф.*
- *Dr Ненад Марјановић, ред. проф.*
- *Dr Снежана Буловић, доцент*
- *Владимир Миловановић, дипл. маш. инж.*

Наручилац техничког решења

- Министарство за науку Републике Србије

Корисник техничког решења

- Министарство за науку Републике Србије
- Приватно предузеће „ИЦ“ Инжењеринг д.о.о.
- Приватно предузеће „Милановић Инжењеринг“ д.о.о.
- ДП Застава Машине

Година када је техничко решење урађено

- 2005-2007

Област технике на коју се техничко решење односи

- Машинство и индустријски софтвер

1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Савремене производне и дистрибутивне потребе наметнуте конкурентним тржиштем као и потреба за бољим коришћењем скупог складишног простора која је данас у приличној мери потенцирана помањкањем и перманентним поскупљењем грађевинског земљишта, а посебно заоштравањем еколошких проблема, утичу на развој и изградњу складишта. Пројекат изградње или проширења складишног простора са одговарајућом опремом је први корак у процесу развоја складишта. При том се подразумева спровођење целе процедуре инжењерски, са технокономским анализама у циљу налажења компромиса између потреба, жеља и мигућности. Реализација оваквих пројеката захтева и капитална инвестициона средства.

Традиционални поступци пројектовања и прорачуна регалне конструкције складишта подразумевају упрошћено третирање регала као решеткасте конструкције. С обзиром на све примењене апроксимације, традиционално пројектовање и прорачуни дају приближне резултате, који су на страни сигурности, али то доводи до поскупљења целе конструкције.

С обзиром на огроман број елемената који су уграђени у регалну конструкцију складишта, јасно је да се прецизно пројектовање, тачан прорачун и анализа могу спровести једино применом савремене рачунарске технике за моделирање и неке од нумеричких метода за анализу конструкција. Применом САД алата омогућава се брзо и поуздано пројектовање, док примена методе коначних елемената као нумеричке методе за прорачун омогућава како проверу сваког елемента посебно тако и конструкције регала у целини при чему постоји могућност рачунања са различитим случајевима оптерећења и са различитим граничним условима. На тај начин се најприближније апроксимирају реални услови експлоатације конструкције.

2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења

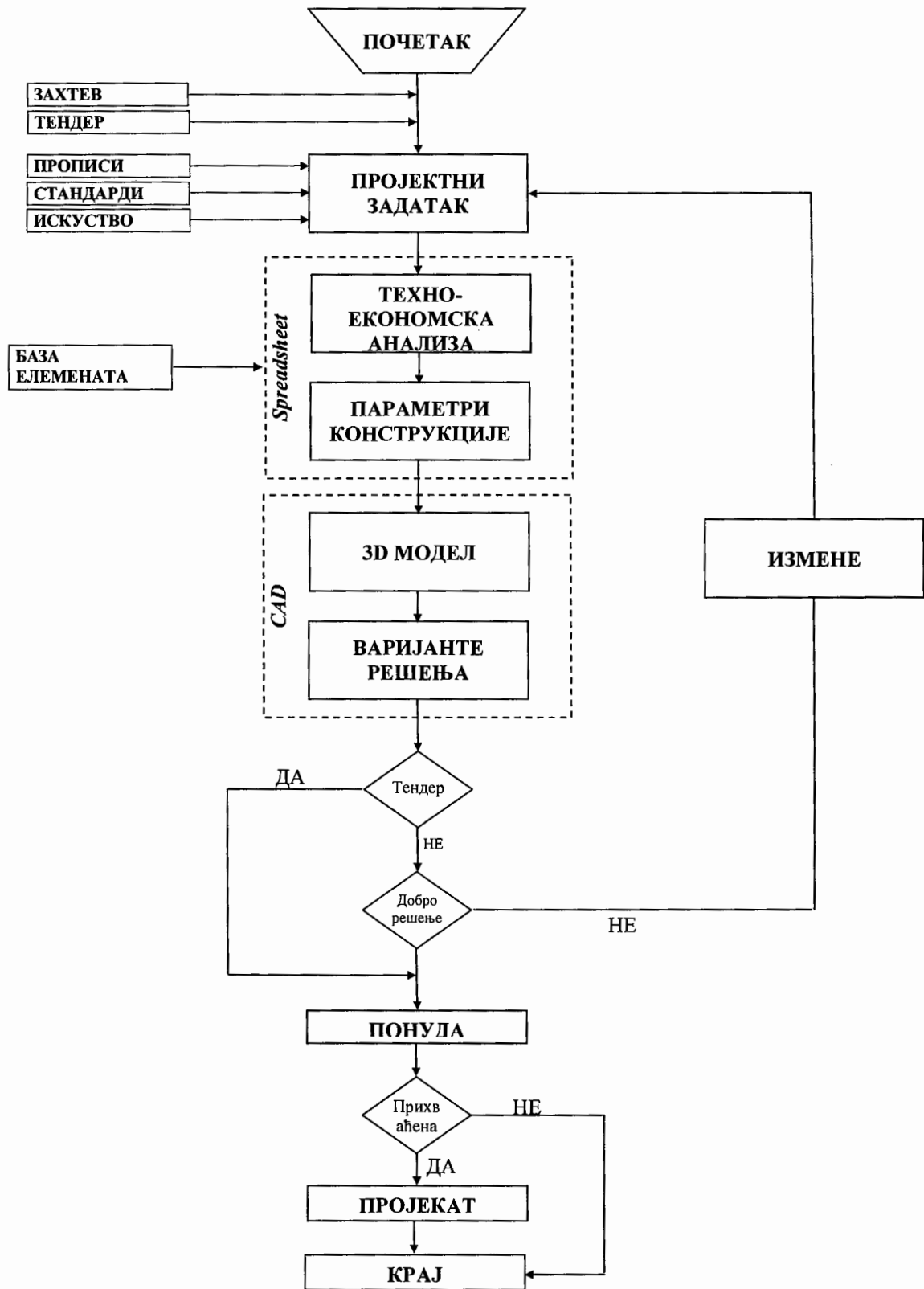
Област складишне технике нема одговарајући третман у литератури на српском језику. Имајући у виду интезиван развој складишне технике у погледу практичне примене у инжењерској пракси, евидентна је и потреба за литературом и софтверским решењима која ће на квалитетан и савремен начин третирати ову проблематику. Предложено техничко решење област пројектовања складишних система третира у складу са међународним *FEM* прописима. Проблеми прорачуна третирају се такође према савременим међународним прописима, Еврокоду, који представља модеран стандард који се драстично разликује од наше важеће техничке регулативе у погледу концепције и суштински јер се наши важећи стандарди базирају на концепту допуштених напона, а Еврокод на савременом концепту граничних стања. Актуелност развијене методе потврђују и системи тродимензионалног моделирања *Pro Create* и *Speed* који су повезани са САД софтверима, а који су развијени од стране светски познатих компанија из области складишне технике *Dexion*, *Esmena*, *Link51*.

Метода омогућава аутоматско генерисање тродимензионалног модела палетног регалног складишта коришћењем спреге CAD програмског пакета Autodesk Inventor и Microsoft Excel програма за табеларне прорачуне. Геометријски параметри модела, елемената регалне конструкције, израчунати на основу захтеваних улазних података дефинисаних у пројектном задатку у Microsoft Excel-у користе се за генерисање 3D модела у Autodesk Inventor окружењу, који се даље користи за генерисање комплетне пројектне документације регалне конструкције складишта, алгоритам приказана на слици 2. Основна намена поступка параметарског формирања тродимензионалног модела конструкције чије се геометријске мере могу аналитички одредити је брзо и поуздано налажење оптималног решења. Могућност брзог, а при том једноставног добијања више различитих варијанти сложене конструкције су још једна значајна предност овог метода пројектовања које рад пројектанта чине далеко конкуретнијим и квалитетнијим. На слици 3 дат је пример графичке документације генерисане применом развијене методе.

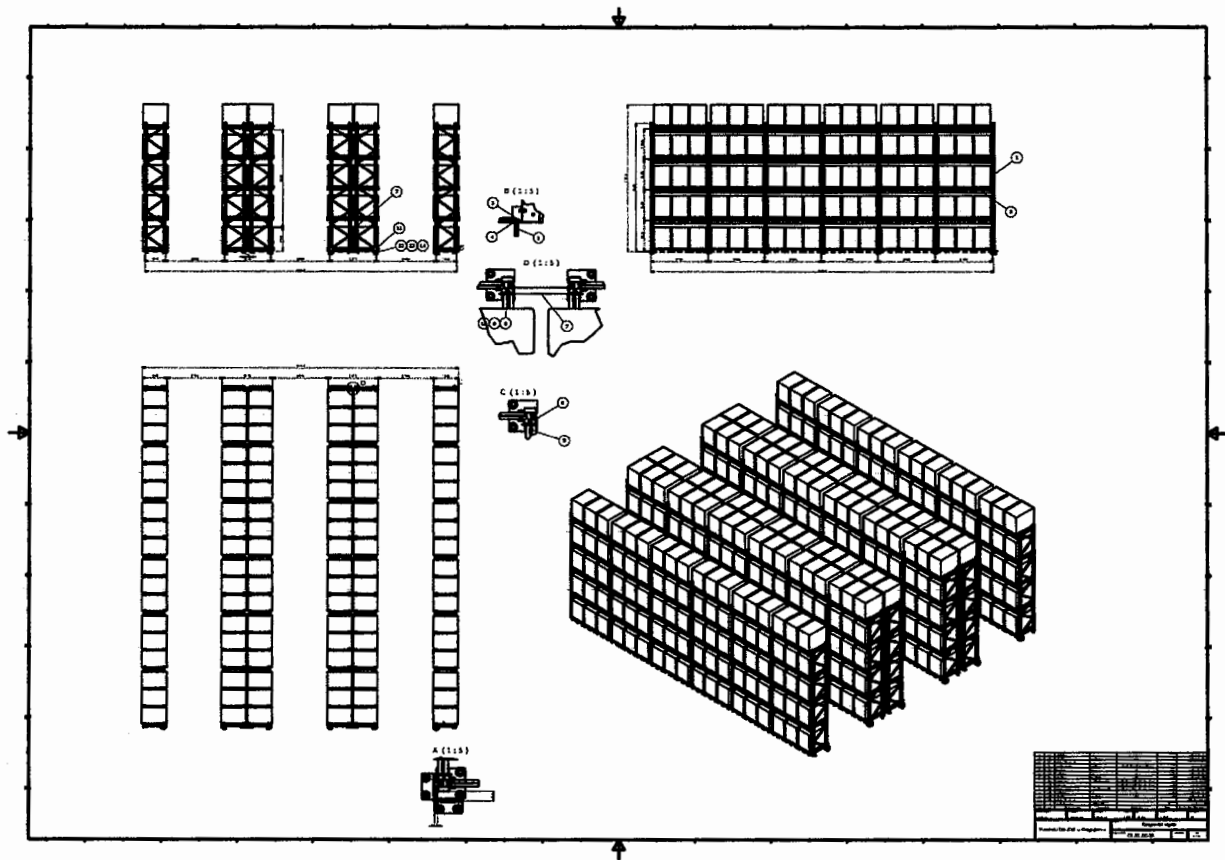
Развијена метода омогућава и аутоматско генерисање прорачунских модела конструкције регала коришћењем спреге програма за пре- и пост-процесирање у методи коначних елемената FEMAP и Microsoft Excel програма за табеларне прорачуне, слика 4. Анализа регалне конструкције складишта, коришћењем програмског пакета PAK заснованог на методи коначних елемената даје следеће резултате:

- Једноставно креирање прорачунских модела потребних за глобалну анализу конструкције,
- Напоне, односно проверу носивости свих елемената конструкције,
- Проверу стабилности свих носивих елемената, који су изложени притисним аксијалним силама,
- Померања свих карактеристичних тачака конструкције,
- Анализу утицаја почетних нетачности конструкције, насталих при изради и монтажи, на напоне, померања и стабилност,
- Могућност узимања у обзир утицаја врста веза између елемената регалне конструкције на напоне и померања,
- Аутоматско генерисање података за типизирани елементе регалне конструкције са минималним бројем улазних података што пројектантима омогућава да у фази идејног решавања и израде понуда раде са тачним подацима о димензијама носивих елемената и тежини конструкције.

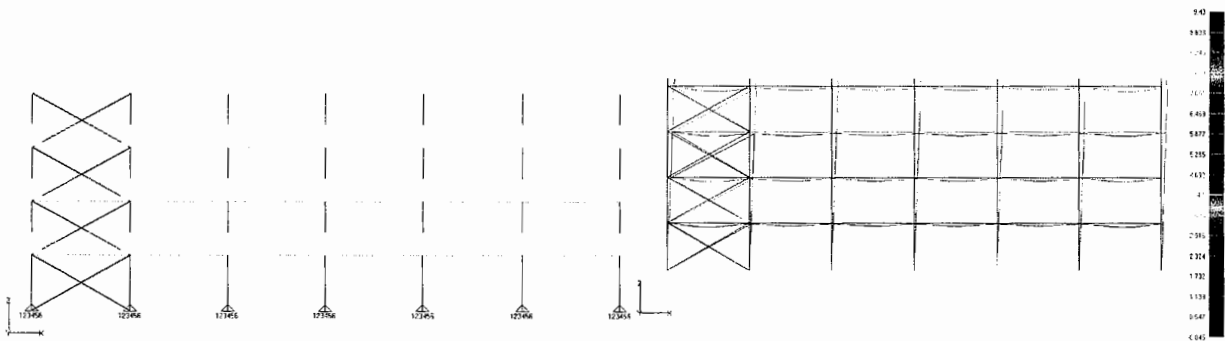
Приказаном методом могу се успешно одредити напони у сваком елементу, на основу чега се може анализирати и стабилност појединих елемената, при разним случајевима оптерећења. Развијена метода даје и померања у свакој тачки конструкције па самим тим и могућност димензионисања на основу дозвољених померања дефинисаних важећим прописима. Прорачуном се могу обухватити и нетачности конструкције настале при изради и монтажи, и анализирати њихов утицај на напоне и померања и понашање конструкције уопште. Коришћењем методе коначних елемената као нумеричке методе прорачуна, пројектантима складишта пружа се могућност да у кратком времену дођу до оптималног решења са становишта укупне тежине конструкције с обзиром да складишта спадају у инвестициону изградњу чија је цена реда величине милиона (ЕУР-а).



Слика 2. Методологија за аутоматски прорачун и генерисање 3D модела



Слика 3. Аутоматски генерисан 3D модел и распоред палетних регала



Слика 4. Аутоматски генерисан 3D модел за анализу методом коначних елемената и поље померања у подужном правцу као резултат анализе

5 Литература

- [1] VUJANAC R., MARJANOVIĆ N., SLAVKOVIĆ R.: *Kriterijumi efikasnog planiranja rasporeda regala*, Zbornik radova sa naučno - stručnog skupa IRMES' 06, str. 57 - 60, Banja Luka, 21. i 22. septembar 2006.
- [2] VUJANAC R., SLAVKOVIĆ R., MILORADOVIĆ N.: *Warehousing solution in the Pharmaceutical Institution of Montenegro "Montefarm" Podgorica*, International Scientific Meeting "GNP 2006", pp. 953 - 958, Žabljak, 20.- 24. February 2006.
- [3] VUJANAC R., SLAVKOVIĆ R., ŽIVKOVIĆ M.: *Primena metode konačnih elemenata u proračunima tankozidnih čeličnih konstrukcija - Proračun visokoregalnog skladišta Hemofarm Banja Luka*, 6. Međunarodno savetovanje o dostignućima elektro i mašinske industrije, DEMI 2003, Banja Luka 30. i 31. maj 2003.
- [4] VUJANAC R. Magistarski rad: *Razvoj metodologije za projektovanje i proračun nosećih elemenata skladišnih sistema*.
- [5] EVROKOD 0: OSNOVE PRORAČUNA KONSTRUKCIJA
- [6] EVROKOD 1: OSNOVE PRORAČUNA I DEJSTVA NA KONSTRUKCIJE, DEO 1: Osnove proračuna, DEO 2-1: Zapreminske težine, sopstvena težina i korisno opterećenje, DEO 2-2: Dejstva na konstrukcije izložene požaru, DEO 2-3: Opterećenja od snega, DEO 2-4: Dejstva vetra
- [7] EVROKOD 3: PRORAČUN ČELIČNIH KONSTRUKCIJA, DEO 1-1: Opšta pravila i pravila za proračun zgrada, DEO 1-3: Opšta pravila, Dodatna pravila za hladno oblikovane tankozidne elemente i limove, DEO 1-8: Proračun veza
- [8] FEM 10.2.02: *DESIGN EXAMPLE*, To be read in conjunction with FEM 10.2.02, *The Design of Static Steel Pallet Racking*, Section X of the Federation Europeenne de la Manutention, August, 2000.
- [9] FEM 10.2.02: *RACKING DESIGN CODE - The Design of Static Steel Pallet Racking*, Section X of the Federation Europeenne de la Manutention, August, 2000.
- [10] FEM 10.2.03: *SPECIFIER'S CODE - Guidelines for Specifier's of Static Steel Racking and Shelving*, Section X of the Federation Europeenne de la Manutention, January, 2000.
- [11] FEM 10.3.01: *Adjustable Beam Pallet racking Tolerances Deformation and Clearances*, Section X of the Federation Europeenne de la Manutention, February, 1997.
- [12] FEM 9.831: *Calculation Principles Of Storage And Retrieval Machines, Tolerances, deformations and clearances in the high - bay warehouse*, Section X of the Federation Europeenne de la Manutention, February, 1995.
- [13] DEXION, Hertfordshire, England, *Industrial & Commercial Equipment Catalogue*.
- [14] ESMENA, Gijon, Spain, *Storage Systems Catalogues*.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Крагујевцу бр. 01-1/1128-14 од 22.04.2010. године именовани смо за рецензенте техничког решења

„Нова метода за аутоматско пројектовање и прорачун складишних система“

аутора Родољуб Вујанац, Радован Славковић, Мирослав Живковић, Ненад Марјановић, Снежана Вуловић, Владимир Миловановић.

На основу предлога овог техничког решења подносимо следећи

09 JUN 2010

ИЗВЕШТАЈ

01-1/1748

Техничко решење **„Нова метода за аутоматско пројектовање и прорачун складишних система“** аутора Родољуб Вујанац, Радован Славковић, Мирослав Живковић, Ненад Марјановић, Снежана Вуловић, Владимир Миловановић, реализовано 2005-2007 године, приказано је на 7 страница формата А4, писаних 12 фонтом, 1 проредом, садржи 4 слике. Састављено је од следећих поглавља:

1. Опис проблема који се решава техничким решењем
2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења
3. Суштина техничког решења
4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже) и
5. Литература.

Техничко решење припада области научно-технолошких услуга, пројектовање и развој компјутерског софтвера (класа 42).

Техничко решење је реализовано у оквиру рада не технолошком пројекту Министарства за науку, технологије и развој Републике Србије ТР 6204: „Развој софтвера за анализу чврстоће и процену радног века конструкције“ 2005-2007. Техничко решење је резултат магистарског рада „Развој методологије за пројектовање и прорачун носећих елемената складишних система“

Основне идеје као и резултати овог техничког решења објављивани су у часописима и излагани на научним скуповима. Примена предложеног техничког решења реализована је и у предузећима „ИЦ“ Инжењеринг д.о.о. из Крагујевца, „Милановић Инжењеринг“ д.о.о. из Крагујевца и ДП Застава Машине из Крагујевца.

МИШЉЕЊЕ

Аутори техничког решења **„Нова метода за аутоматско пројектовање и прорачун складишних система“** су јасно приказали и теоријски обрадили комплетну структуру техничког решења. Узимајући у обзир основне карактеристике и принцип рада палетних регалних складишта, различите концепте складишних система и њихове примене, развијена је нова метода базирана

на савременој рачунарској техници за поуздано аутоматско пројектовање и прорачун носећих елемената регалне конструкције.

Развијена метода омогућава аутоматско генерисање тродимензионалног модела конструкције палетног регалног складишта као и комплетне пројектне документације, коришћењем спреге CAD програмског пакета Autodesk Inventor и Microsoft Excel програма за табеларне прорачуне. Тродимензионални модел палетног регалног складишта генерисан у програмском пакету Autodesk Inventor, одређен је низом параметара који дефинишу како димензије, тако и међусобне односе појединих елемената 3D модела. Геометријски параметри модела, елемената регалне конструкције, израчунавају се на основу скупа захтеваних улазних података дефинисаних у пројектном задатку, такође у Microsoft Excel-у.

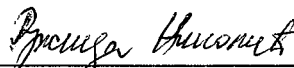
Развијена метода омогућава и аутоматско генерисање прорачунских модела конструкције регала коришћењем спреге програма за пре- и пост - процесирање у методи коначних елемената FEMAP и Microsoft Excel програма за табеларне прорачуне.

Коришћењем спреге CAD програмског пакета Autodesk Inventor и Microsoft Excel програма за табеларне прорачуне за израду 3D плана распореда регала, као и методе коначних елемената за прорачун елемената конструкције регалног складишта долази се до резултата, који могу имати велику примену у свакодневной инжењерској пракси у области пројектовања регалних складишта.


Дакле, техничко решење „**Нова метода за аутоматско пројектовање и прорачун складишних система**“ омогућава брзо, а при том једноставно добијање више варијанти сложене конструкције, тј. брзо и поуздано налажење оптималног решења, које рад пројектанта чине далеко конкурентнијим и квалитетнијим.

Са задовољством предлажемо да се техничко решење „**Нова метода за аутоматско пројектовање и прорачун складишних система**“ прихвати као ново техничко решење.

08.06.2010., у Крагујевцу



Др Ружица Николић, ред. проф.



Др Ненад Грујовић, ред. проф.



Универзитет у Крагујевцу
Машински факултет у Крагујевцу
Број : **ТР-53/2010**
10. 06. 2010. године
Крагујевац

Наставно-научно веће Машинског факултета у Крагујевцу на својој седници од 10. 06. 2010. године на основу члана 200. Статута Машинског факултета, донело је

О Д Л У К У

Усвајају се позитивне рецензије техничког решења „**Нова метода за пројектовање и прорачун складишних система**“, аутора **Мр Родољуба Вујанца, др Радована Славковића, др Мирослава Живковића, др Ненада Марјановића, мр Снежане Вуловић и Владимира Миловановића.**


Решење припада класи **M85**, према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, ("Сл. гласник РС", бр. 38/2008).

Рецензенти су:

1. **Др Ружица Николић, ред. проф., Машински факултет Крагујевац**
2. **Др Ненад Грујовић, ред. проф., Машински факултет Крагујевац**

Достављено:
Ауторима
Архиви

ДЕКАН МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА



Др Мирослав Бабић, ред. проф.