

# ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

## „МАЛА ВИСОКОУЧИНСКА ХИДРОЕЛЕКТРАНА ТИПА „ФРАНЦИС““

### Аутори техничког решења

- *Др Милун Бабић, редовни професор, дипл. маш. инж.*
- *Казимир Даријевић, дипл. маш. инж.*
- *Др Добрица Миловановић, редовни професор, дипл. маш. инж.*
- *Др Душан Гордић, банредни проф., дипл. маш. инж.*
- *Дубравка Јелић, дипл. маш. инж.*
- *Давор Кончаловић, дипл. маш. инж.*

### Наручилац техничког решења

- „Крагујелектране“ д.о.о., власник Казимир Даријевић дипл. инж. маш.

### Корисник техничког решења

- „Весна – С“ д.о.о., Бугојно, власник Смајић Хусеин

### Година када је техничко решење урађено

- 2008. године

### Област технике на коју се техничко решење односи

- Машинство, Мале хидроелектране

## **1. Опис проблема који се решава техничким решењем**

Техничко решење је фокусирано на пројектовање турбинских делова малих хидроелектрана за случај унапред прецизиране енергетске могућности конкретне локације на којој је планирана градња МХЕ.

На дужи рок није енергетски, а ни економски, целисходно локацију за градњу МХЕ прилагођавати некој, у датом тренутку економски најјефтинијој, или најлакше доступној, конструкцијској изведби МХЕ. Сваком локалитету за градњу МХЕ, ако се жели да се на њему произведе оптимална количина енергије и да се на тај начин заштити државни интерес, одговара једна номинална снага, један и само један тип турбине, генератора, пратеће опреме и осталих инфраструктурних подсистема МХЕ. Да би помогли увођење реда у градњу МХЕ, подизању њиховог енергетског учинка и утицали на смањивање укупних инвестиционих трошкова везаних за пројектовање МХЕ, аутори овог решења су развили софистициран и релативно јефтин поступак пројектовања МХЕ за сваку конкретну локацију, који гарантује високе енергетске и остале техничко-технолошке квалитете МХЕ, и о њему ће у наредном тексту бити речи.

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

Пројектовање и технологија производње малих хидроелектрана су одавно развијени. Овде представљено компјутерско моделирање процеса пројектовања и подршке у производњи увелико доприноси повећању учинковитости МХЕ са једне стране а са друге стране – не подиже коначну цену коштања једног оваквог агрегата. Ово је посебно важно ако се има у виду јединственост сваке МХЕ која је диктирана хидролошким и другим условима на терену, а која резултује појединачном или малосеријском производњом.

У том смислу, решење је, према информацијама којима располажу аутори или јединствено или, у случају компанија које су присутне на тржишту, заштићено корпоративним политикама о поверљивости података.

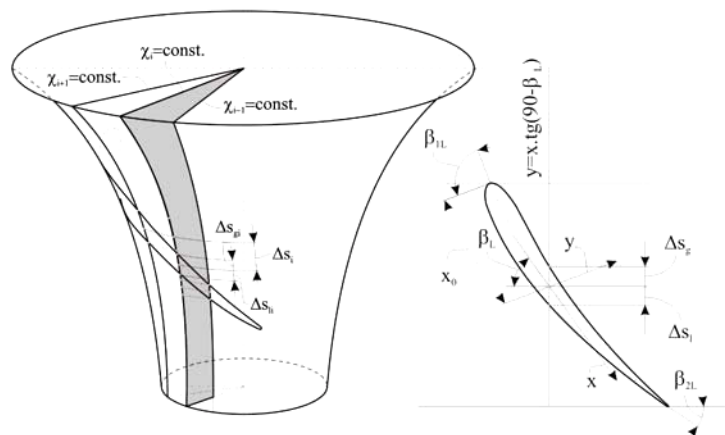
### 3. Суштина техничког решења

Решење даје оригиналан компјутерски метод који омогућава прорачун и 3D пројектовање радних кола и спирала Францисових турбина за МХЕ, чији смо квалитет у пракси до данас више пута проверили.

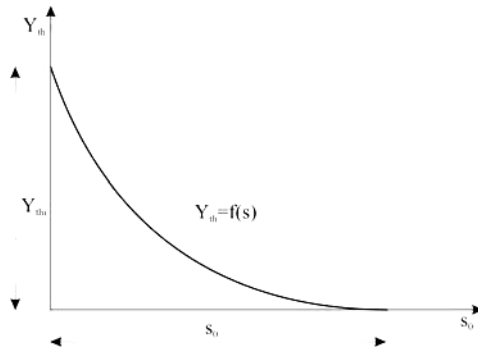
Као аргумент за оцену валидности и потенцијала техничког решења, приказана је (сл. 18.) изграђена МХЕ „Босна 1“, снаге 2x100 kW.

### 4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)

Након што се на „малом“ водотоку, утврди оптимална локацију за градњу, а затим дефинише број МХЕ и тип њихових турбинских делова, приступа се, уколико се жели да се сва расположива хидроенергија у највећем могућем проценту искористи, прорачуну, а затим и пројектовању њихових радних кола и спиралних кућишта. Прорачун је заснован на тзв. квазитродимензијском приступу и подељен је у четири симултано спрегнуте фазе. *Прва фаза* подразумева припрему и дефинисање оптималног облика меридијанског пресека радног кола и прорачун меридијанске струјне слике у радном колу методом коначних елемената уз помоћ потпрограма који дефинише расподелу меридијанских брзина и произвољан број тзв. парцијалних радних кола турбине (сл. 4.), чије се границе, гледано у меридијанској равни, поклапају са пресецима одговарајућих осносиметричних струјних површи (сл. 1.) са меридијанском равни. *Друга фаза* обухвата прорачун енергетски оптималних облика профилних решетки у „парцијалним“ радним колима дефинисаним у оквиру прве фазе.



Сл. 1. Произвољна осносиметрична струјна површ унутар радног кола Францисове турбине и продор једне његове лопатице кроз ту замишљену површ



**Сл. 2.** *Најповољнији облик криве који дефинише како тзв. парцијална радна кола „конзумирају“ расположиву хидроенерију приликом протицања воде кроз њихове међулопатичне просторе*

Да би радно коло имало најбоље енергетске и кавитацијске карактеристике, крива по којој ће њему припадајућа „парцијална“ радна кола „конзумирати“ расположиву хидроенерију приликом протицања воде кроз њихове међулопатичне просторе треба да има облик приказан на сл. 2., при чему њена математичка интерпретација треба да гласи:

$$Y_{th} = Y_{th0} \cdot \left(1 - \frac{s}{s_0}\right)^k \quad (1)$$

а  $\varepsilon$  и од излаза до улаза из сваког „парцијалног“ радног кола, да се рачунају из израза:

$$c_{\text{уро}} = \frac{1}{r \cdot \omega} \left( Y_{th0} - \frac{\Delta Y_{th}}{\varepsilon} \right) \quad (2)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{1 + 0,8 \cdot (1 + \cos \beta_L) \cdot \left(1 - \frac{60}{n_{sp} + 30}\right) \cdot \frac{r^2}{z \cdot S}} \quad (3)$$

Величине које фигуришу у изразима (1), (2) и (3), и остале релевантне величине, одређене су следећим релацијама:

$$S = \int_{r_1}^{r_2} r \cdot dS, \quad (4)$$

$$\beta_L = \arctan \frac{c_m}{u - c_{u\infty}}, \quad (5)$$

$$c_m^\infty = \frac{\dot{\Delta V}_k}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot b}, \quad (6)$$

$$c_m = \frac{c_m^\infty}{1 - \frac{z \cdot \delta}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sin \beta_L}}, \quad (7)$$

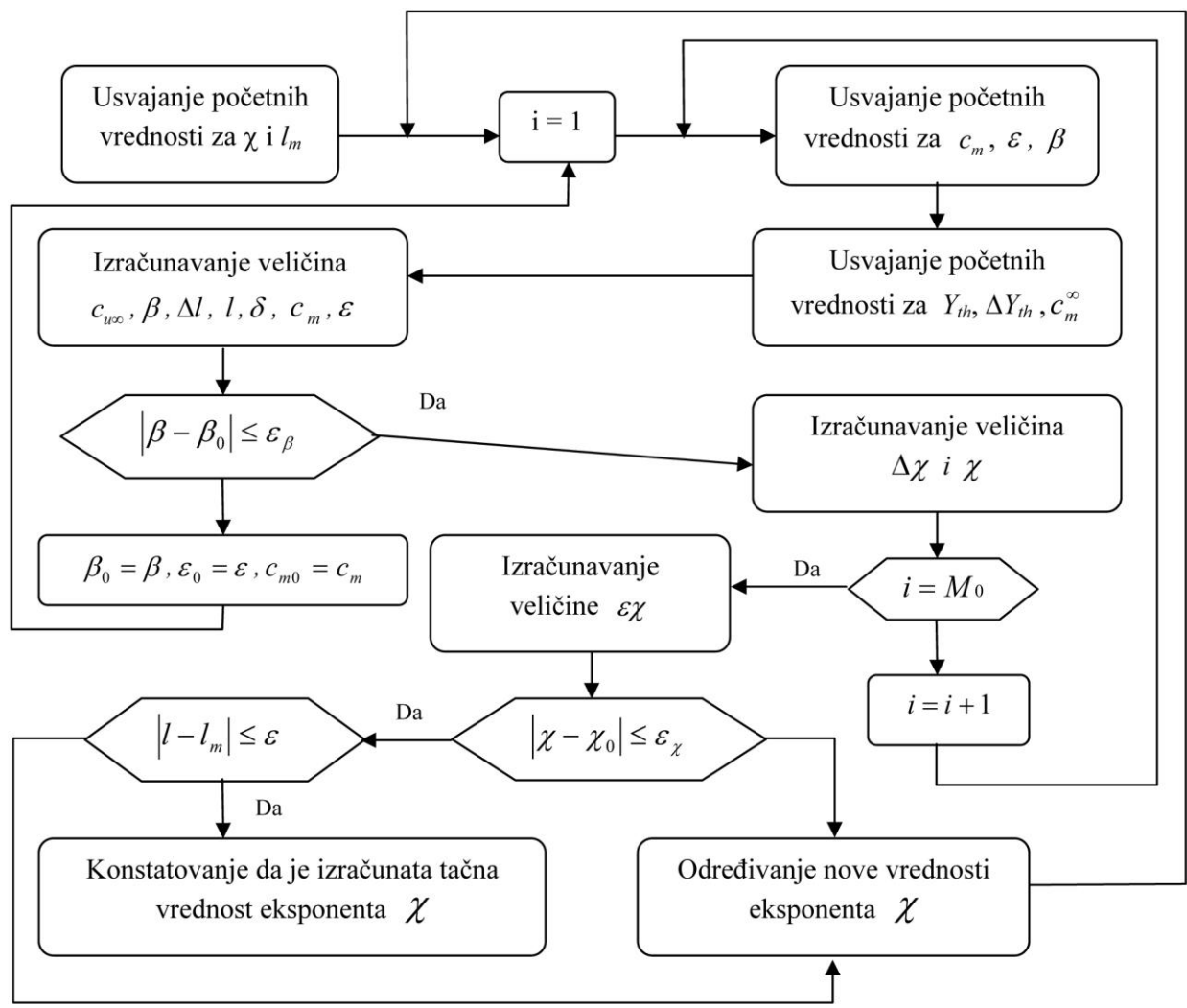
$$\delta = \delta_{\max} \cdot \left[ A \cdot \left( \frac{l}{l_{\max}} \right)^3 + B \cdot \left( \frac{l}{l_{\max}} \right)^2 + C \cdot \left( \frac{l}{l_{\max}} \right) + D \right], \quad (8)$$

$$l = \sum_{k=1}^i \frac{\Delta s}{\sin \beta_L}. \quad (9)$$

Због међусобне узајамне зависности величина у изразима (1) – (9), њихово израчунавање се врши итеративно сагласно алгоритму приказаном на сл. 3. У оквиру итеративног поступка приказаног на сл. 3. одређује се и угао лопатице у циркуларној равни радног кола (сл. 4. и сл. 5) коришћењем релација (10) и (11):

$$\Delta \chi = \frac{r \cdot \omega - c_u}{r \cdot c_m} \cdot \Delta s, \quad (10)$$

$$\Delta \chi = \sum_{k=1}^n \Delta \chi. \quad (11)$$

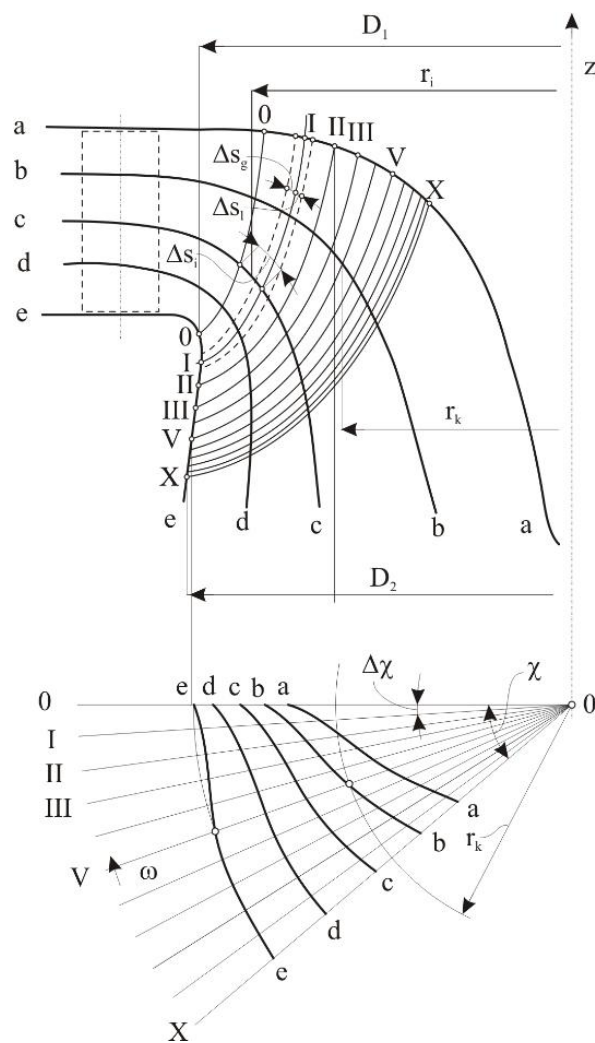


Сл. 3. Алгоритам за израчунавање угла лопатице у циркуларној равни радног кола

Трећа фаза обухвата прорачун и добијање координата радијалних пресека радног кола турбинског дела МХЕ (сл. 4.), које служе као основа на основу којих се могу на CNC машинама, или израдом ливарских калуца, или алата за пресовање, израдити лопатице радног кола, или радно коло у целости. Сам поступак добијања координата  $r$  и  $z$  моделских пресека приказаних на сл. 4., заснован је на постулатима нацртне геометрије и представља саставни део програмског модула за прорачун и пројектовање радног кола.

Четврта фаза обухвата прорачун и добијање координата моделских пресека проточног простора спиралног кућишта турбинског дела МХЕ. Поступак је, такође, алгоритмизован, а заснован је на теоријским и експерименталним резултатима чија је примена у пракси давала најквалитетнија спирална кућишта хидрауличних турбина. Програмски модул, сачињен на основу овог алгоритма, омогућује добијање координата проточног тракта спиралног кућишта, чиме је створена шанса да се уз помоћ CNC машина, или прецизно израђених ливачких калуца, или припреме

одговарајућих подструктура за заваривање, оствари његово верно „пресликавање“ са прорачунског у стварни облик.



**Сл. 4.** Приказ парцијалних радних кола мале турбине и радијалних пресека његових лопатица у меридијанској и циркуларној равни

За прорачун оптималних радних кола и проточног простора усмерних и спроводних органа турбинског дела МХЕ, у складу са претходно изнетом процедуром, развили смо оригиналне модуле у FORTRAN програмском окружењу, а за формирање њихових CAD модела користимо CATIA програмско окружење.

У наставку ће, у неколико корака, бити приказан приступ који се користи приликом формирања CAD модела спирале и радног кола МХЕ у CATIA програмском окружењу и о користима које се остварују таквим приступом. И за формирање CAD модела осталих подскопова МХЕ користи се слична процедура. Радно коло и спирано кућиште турбинског дела МХЕ карактерише врло сложена геометрија, па је њихово 3D моделирање предуслов за успешно и брзо пројектовање и производњу

високоучинских МХЕ. Напомињемо да је овакав приступ, због релативно високих трошкова израде ових подскопова, исплатив и случају појединачне производње МХЕ, а при том пружа и следеће погодности:

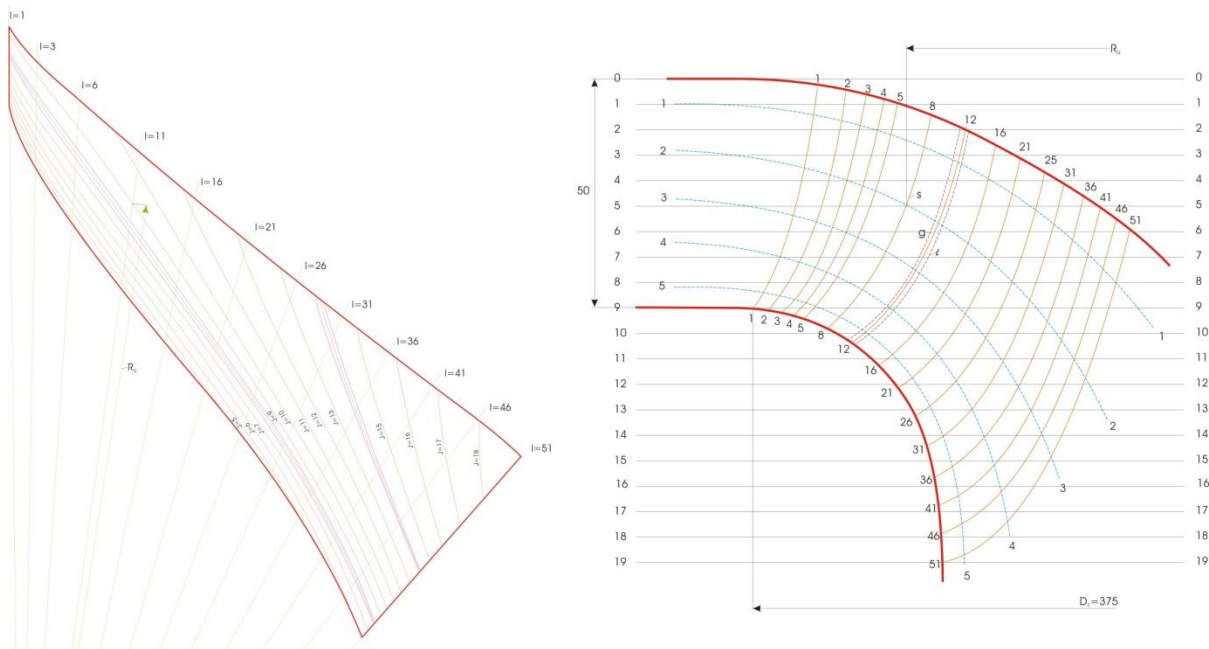
- квалитетно сагледавање радног кола у фази пројектовања (могућност „мерења“ појединих растојања, проточних површина и сл., што је веома тешко сагледати на основу 2D модела);
- квалитетно сагледавање склопа МХЕ, а посебно односа између радног кола, спиралног кућишта и осталих подструктура МХЕ, и, посебно
- могућност да се методама теорије сличности, и једноставном променом кључних конструктивних параметара оствари веома брзо пројектовање нових МХЕ.

У наставку је приказан приступ који је коришћен, а који је интересантан због рационалног ангажовања 3D пројектовања у појединачној или малосеријској производњи.

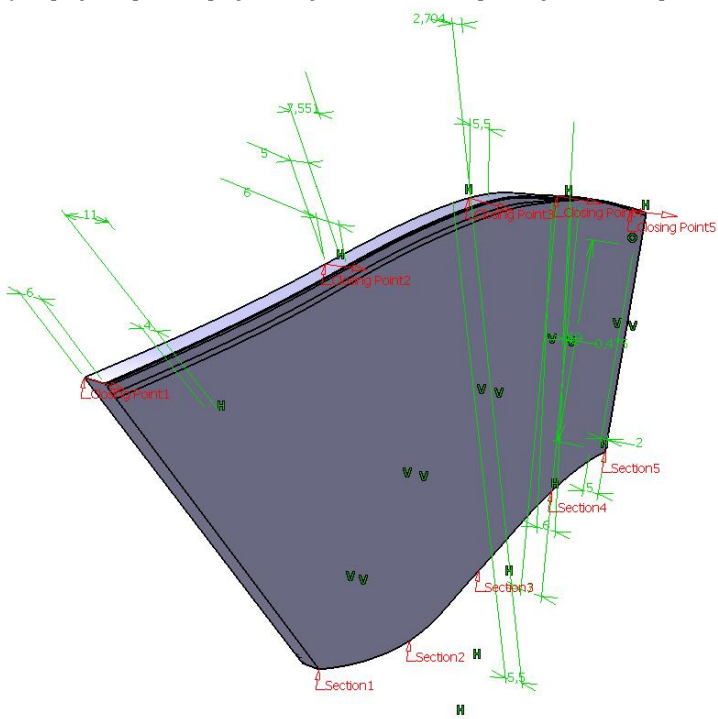
Пошто је у договору са произвођачем одлучено да се конкретно радно коло МХЕ, које ће послужити за илустрацију могућности предложеног поступка прорачуна и 3D моделирања, произведе ливењем, прорачунате димензије модела аутоматски су повећане за тзв. додатке за накнадну машинску обраду. При томе су додаци за накнадну машинску обраду лопатица радног кола минимални, готово занемарљиви. На сл. 5. – сл. 13. су представљени сегменти пројектне документације израђене у оквиру посла који је био везан за градњу радног кола, данас већ изведене, МХЕ „Босна 1“ која има номиналну снагу 2 x 100 kW.

Пуно коришћење потенцијала САД пројектовања би, тек, дошло до изражаја ако би САД модел радног кола био „одштампан“ на 3D „штампачу“ и резултат „штампања“ био употребљен као језгро за добијање калупа. Конкретно, приликом пројектовања радних кола за МХЕ „Босна 1“ није коришћен 3D „штампач“ због високе цене таквог „штампања“.

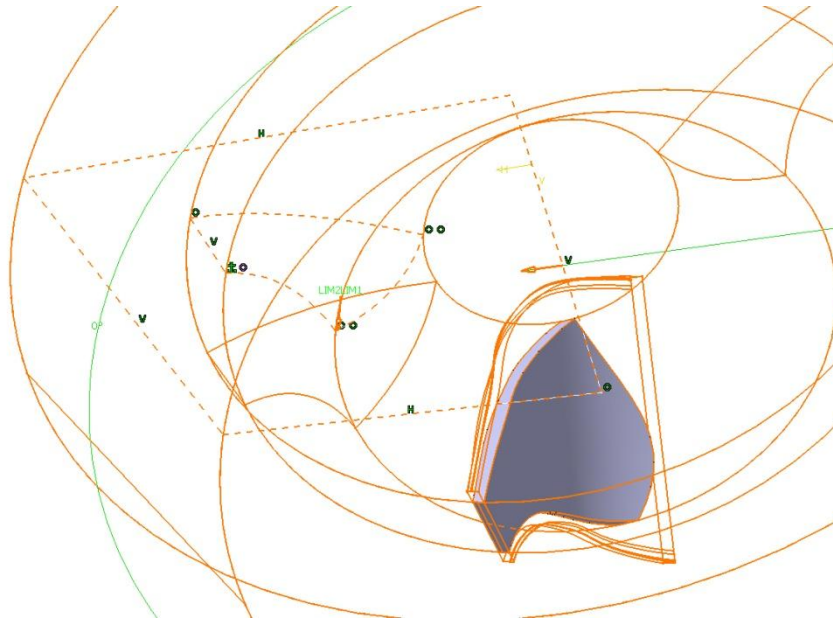




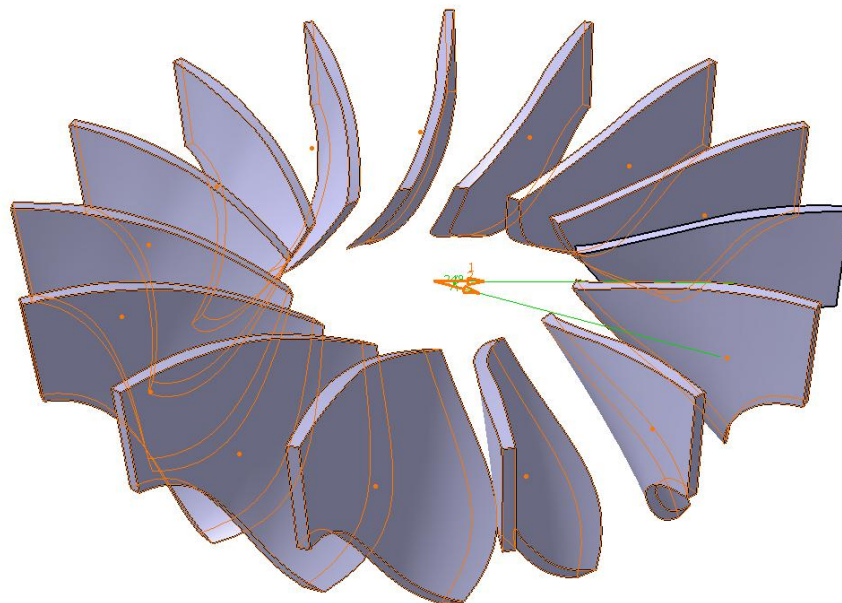
Сл. 5. Моделски пресеци лопатица радних кола турбинских делова МХЕ „Босна 1“ добијени коришћењем наших оригиналних програмских модула који, заједно са пратећим координатама, представљају полазну тачку при пројектовању 3D модела радног кола (циркуларна пројекција –лево, меридијански пресек -десно)



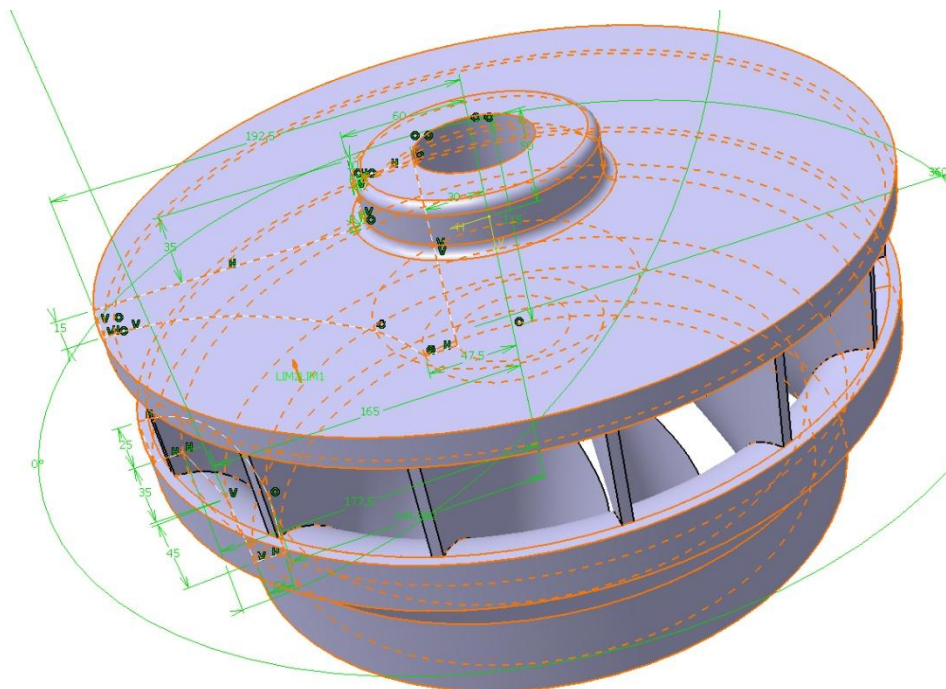
Сл. 6. Лопатица дефинисана према прорачунским вредностима



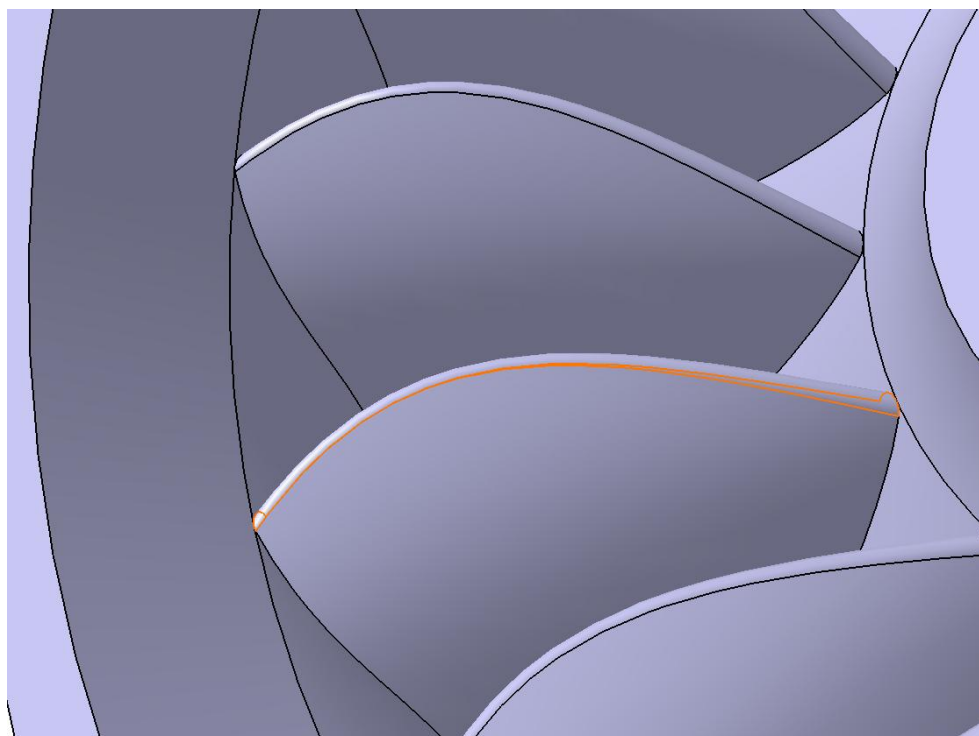
**Сл. 7.** Дефинисање профила за „одсецање“ (испрекидана линија) и обликовање улазне и излазне ивице лопатице



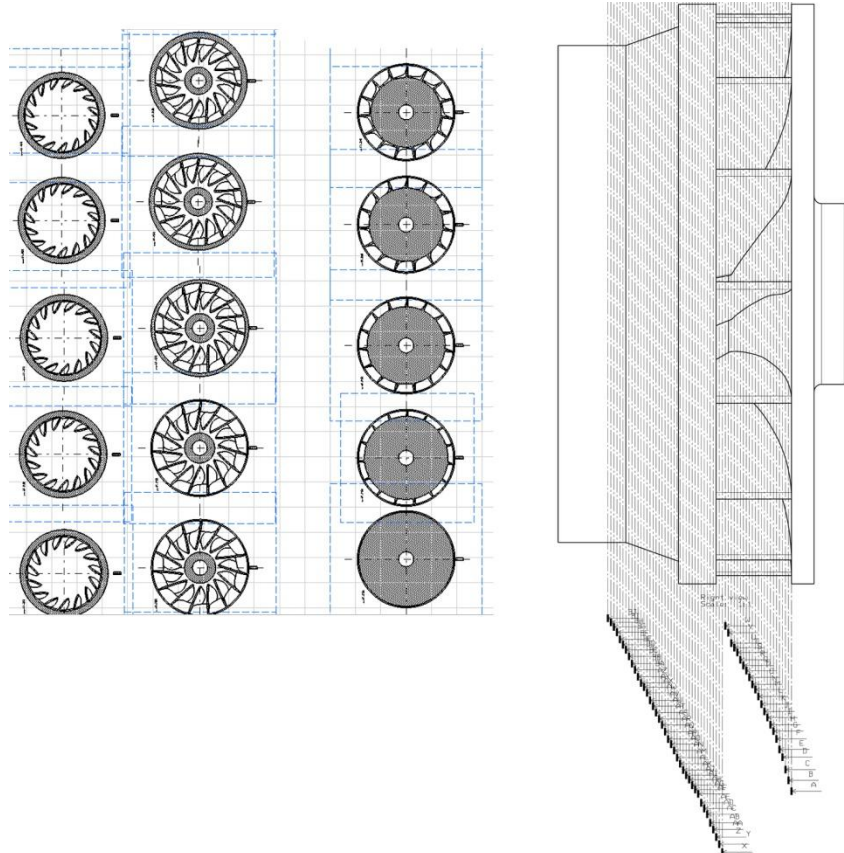
**Сл. 8.** Радно коло са 15 лопатица добијених употребом команде „Cirkular pattern“



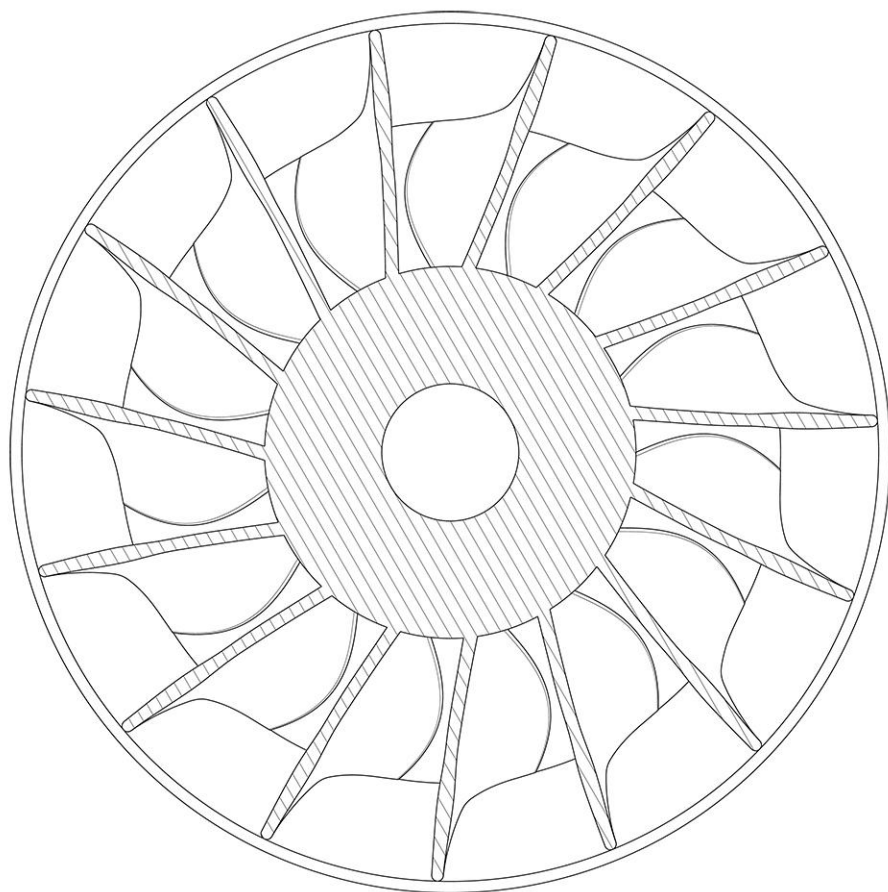
**Сл. 9.** Додавање „тела“ радном колу



**Сл. 10.** Употреба команде „Tritangent fillet“ (означена површина) за коначно обликовање улаза у радно коло и излаза из медјулопатичног простора



**Сл. 11.** Постављање пресечних равни на растојању од  $2tt$  и генерисање пресека (са леве стране је дато неколико умањених пресека ради илустрације)

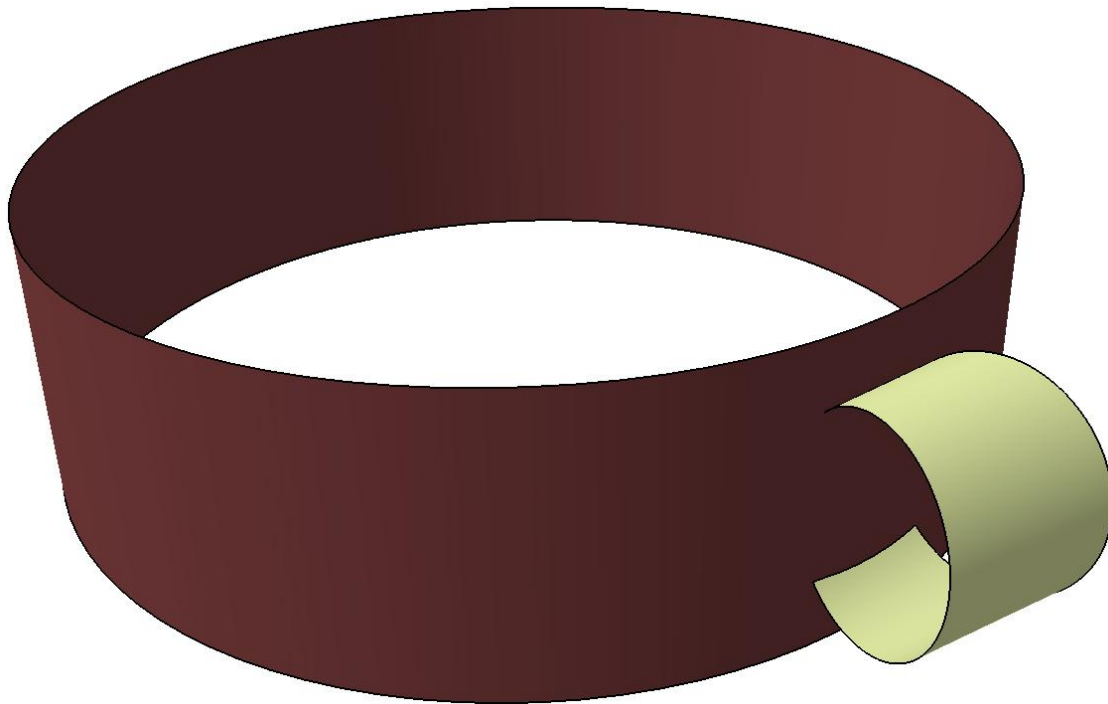


*Сл. 12. Моделски пресек на примеру пресека S - S*



*Сл. 13. Приказ CAD модела (лево) и фотографија изливеног радног кола (десно) МХЕ „Босна 1“*

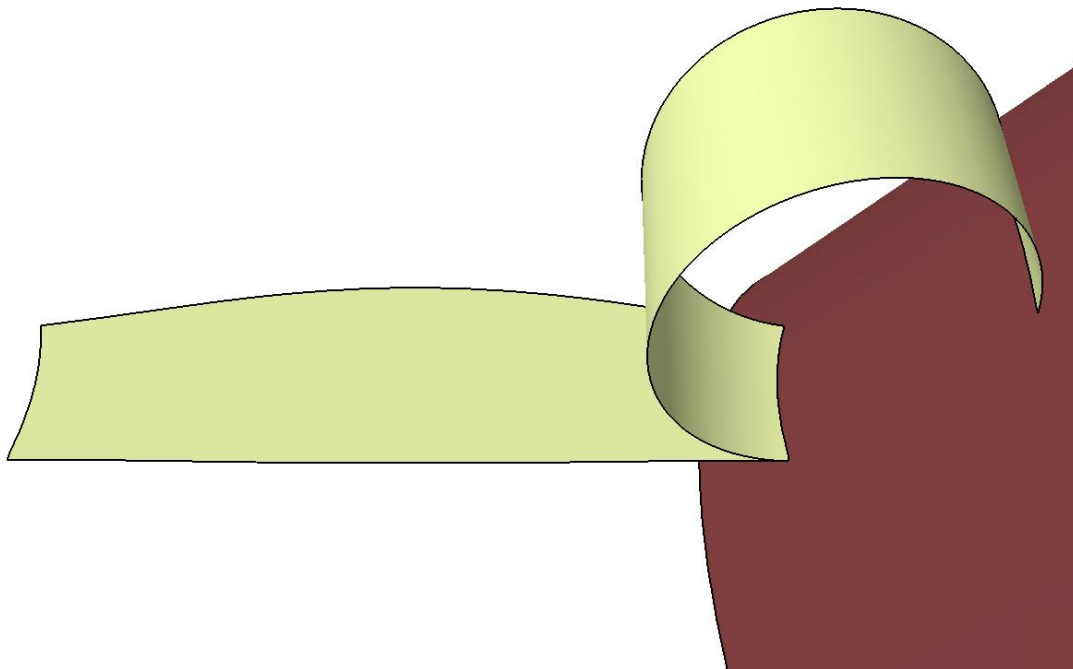
Надаље, у договору са произвођачем МХЕ „Босна 1“, одлучено је да се њено кућиште израђује коришћењем ливачких и заваривачких технологија. Ливењем су добијане подструктуре кућишта које су због своје намене морале имати већу масу, а савијањем и заваривањем лимова - сама спирала спиралног кућишта.



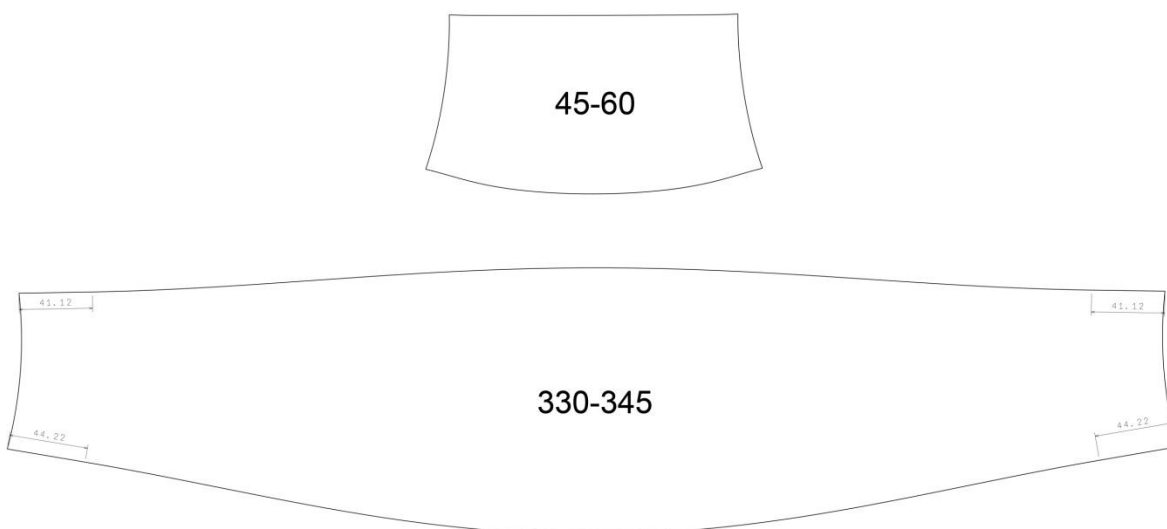
**Сл. 14.** Пример сегмента спирале у неразвијеном стању ( $120^{\circ}$  -  $135^{\circ}$ )

„Кројење“ комада лима за израду спирале и добијање њихових развијених стања вршено је у САТИА окружењу (сл. 14 и сл. 15.). Због тога је спирала издељена на 24 сегмента са обимским кораком од по  $15^{\circ}$ . Развијена стања су одштампана (Сл. 16.) и према њима су искројени сегменти од лима. Првих 13 сегмената имају кружне попречне проточне пресека, а осталих 9 - елиптичне. Елиптични су дефинисани полуосама елипсе и растојањем центра елипсе од осе радног кола, а сегменти који чине кружну проточну површину се дефинишу радијусом и растојањем центра кружнице од осе радног кола.

Треба поменути да је цео процес урађен за „средњу“ површину (на прорачунске димензије треба додати пола од дебљине лима) да би се, након савијања, спирала правилно уклопила. На сл. 17., приказана је фотографија спиралног кућишта турбинског дела МХЕ „Босна 1“, која је произведена по напред описаној технологији пројектовања.



**Сл. 15.** *Сегмент  $120^{\circ}$  -  $135^{\circ}$  у развијеном стању*



**Сл. 16.** *Развијено стање на примеру два сегмента (горе -  $45^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  - елиптична проточна површина, доле -  $330^{\circ}$  -  $345^{\circ}$  - кружна проточна површина)*



**Сл. 17.** Фотографија завршеног спиралног кућишта

МХЕ „Босна 1“ се састоји од два агрегата и приказана на сл. 18. Лоцирана је у грађевинском објекту који је специјално за ту редизајниран. Оба агрегата су опремљена својом локалном аутоматиком за регулацију основних хидроенергетских параметара уз помоћ лопатичног преткола. Примењени извршни актуатори су електрично-механичког типа, са процесорима за вођење комплетног процеса и управљање радом аутоматских подструктура које обезбеђују: стабилност рада, фреквенцију и напон произведене електричне струје, прикључење на електроенергетску мрежу, мерење, билансирање и обрачун произведене електричне енергије, заштиту од побега итд. Генератори и трансформатор су домаће производње, а МХЕ се напаја водом преко доводног цевовода који се пре уласка у МХЕ грана да би довео воду на „уста“ сваког од агрегата. Процесори у командном орману прате проток према МХЕ и одлучују када је оптимално да буде у функцији само један, а када оба агрегата.





**Сл. 18.** Фотографија изведеног стања МХЕ „Босна 1“ снаге 2 x 100 kW



**Сл. 18.** Фотографија изведеног стања дела командног ормана МХЕ „Босна 1“ снаге 2 x 100 kW

Број увозних компоненти уграђених у ову МХЕ је минималан, а као куриозитет, наводимо да су сви делови турбина оба агрегата израђени од нерђајућег челика. Испоручилац ове МХЕ, по принципу „кључ у руке“ је предузеће „Крагујелектране“, д.о.о. из Крагујевца.

## 5 Литература

1. М. Бабић, С. Стојковић: “Основе турбомашина - принципи дејства и математичког моделирања”, Просвета, Београд, 1997.
2. Бабић, М., Миловановић, Д.: “Прилог моделирању лопатичних органа аутоматских турбозупчастих мењача за аутомобиле”, стр. 171-188, Зборник радова, ИВ Међународни симпозијум “Мотори и моторна возила”, Крагујевац, 1990.
3. Бабић, М., Миловановић, Д., Јовичић, Н.: “Методе прорачуна брзоходних центрифугалних турбопумпи са повећаним антикавитацијским својствима”, Зборник радова, Машински факултет, Крагујевац, 1991.
4. Бабић, М., Миловановић, Д., Јовичић, Н., Деспотовић, М.: “Осврт на конструктивне и прорачунске аспекте високоучинских вентилатора намењених раду са експлозивним мешавинама гасова”, Зборник радова, Машински факултет, Крагујевац, 1991.
5. М. Бабић, С. Стојковић, Б. Крстић: “Одређивање угла заношења струје на излазу радних кола турбоспојнице”, Зборник радова са научне конференције “Мотори и возила 92”, Крагујевац, 1992.
6. М. Бабић: “О пројектовању и развоју микро хидроцентрала”, Прво саветовање о енергетици Републике Српске и Републике Српске Крајине, Бања Лука, 1993.
7. М. Бабић, Д. Миловановић: “Прилог решавању потенцијалног струјања нестишљивог флуида у правим покретним профилним решеткама применом методе

коначних елемената”, XX југословенски конгрес теоријске и примењене механике, Крагујевац, 1993.

8. M. Babić, D. Milovanović: “The Tree-Dimensional Method for Calculation of the Inviscid and Incompressible Flow Field in Turbo Impeller”, pp11., Ninth International Conference on Numerical Methods in Laminar and Turbulent Flow”, Atlanta, USA, 1995.

9. D. Milovanović, M. Babić: “The Investigation of Flow Coefficient Influence on the Pressure Distribution Along Blade Profile Contour on Surfaces of Revolution in Turbomachinery”, pp. 8, IV Greek Congress on Mechanics, Xanthi, Greece, 1995.

10. D. Milovanović, M. Babić, M. Bojić: “Design principles and methods: design method for centrifugal flow pumps”, 12th International Congress of Chemical and Process Engineering, CHISA 96, Praha, Czech Republic, 1996.

11. Babić, M., Milovanović, D.: “Application of collocation method in threedimensional fluid flow solution in hydraulic turbomachine impellers”, Proceedings of II International Symposium “Contemporary problems of Fluid Mechanics”, pp. 225-232, Belgrade, 1996.

12. Soulis, J. V., Jovičić, N., Milovanović, D., Babić, M., Despotović, M.: “Numerical Modeling of Incompressible Turbulent Flow in Turbomachinery”, Journal of Computational Fluid Dynamics, Vol 11, pp. 259-265, 1998.

13. Бабић М., Даријевић К., Миловановић Д., Јовичић Н., Деспотовић Н., Гордић Д.: “Приказ новог производа - микрохидроцентрала “Брестовац””, Документи Катедре за енергетику и процесну технику 98 Број 1, Машински факултет, Крагујевац 1998.

14. Jovičić, N., Milovanović, D., Babić, M., Soulis, J. V.: “A multigrid Algoritam For Three-Dimensional Incompressible Turbulent Flows Part I: Numerical Method”, Theoretical and Applied Mechanics, ISSN 0350-2708, Beograd

15. Despotović, M., Babić, M., Milovanović, D., Jovičić, N.: „Convergence acceleration of compressible Navier-Stokes equations by means of multigrid method“, Proceedings of the XXIII Yugoslav Congress of Theoretical and Applied Mechanics, pp.125-128, Beograd, 2001

16. Jovicic N., Jovicic G., Babic M., Milovanovic D.: „Computational Efficiency of Artificial Dissipation Models for Three-Dimensional Incompressible Flow Solutions“, Proceedings of the XXIII Yugoslav Congress of Theoretical and Applied Mechanics, pp.167-170, Beograd, 2001

17. Jovicic N., Milovanovic D., Babic M., Soulis J.V.: „A Multigrid Algorithm for Three-Dimensional Incompressible Turbulent Flows - part I: Numerical Method“, Proceedings of the XXIII Yugoslav Congress of Theoretical and Applied Mechanics, pp.171-174, Beograd, 2001.

18. Jovicic N., Milovanovic D., Babic M., Soulis J.V.: „Hydraulic Turbomachinery Performance Prediction Using Numerical Simulation“, ECCOMAS Computational Fluid Dynamics Conference 2001, Swansea, Wales, UK, 4-7 September, 2001.

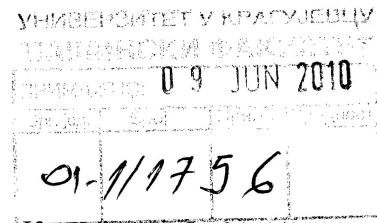
19. Milovanović D., Jovičić N., Babić M., Soulis J.V.: „A Multigrid Algorithm for Three-Dimensional Incompressible Turbulent Flows - part II: Application“, Proceedings of the XXIII Yugoslav Congress of Theoretical and Applied Mechanics, pp.265-268, Beograd, 2001

20. Jovičić N., Despotović M., Radivojević D., Milovanović D., Babić M.: „An Efficient Numerical Method for Simulation of 3D Turbulent Flow“, 28. NSS HIPNEF 2002, 2-4. 10 2002, Vrnjačka Banja, 2002

21. Jovičić N., Despotović M., Babić M., Milovanović D.: „Numerical Simulation of Turbomachinery Fluid Flow“, 6th International Research/Expert Conference “Trends in the

Development of Machinery and Associated Technology”, TMT 2002, Neum, B&H, 18-22 September, 2002

22. М. Бабић, К. Даријевић, Д. Кончаловић: Пројектна документација МХЕ „Босна 1“, Машински факултет у Крагујевцу, „Крагујелектране“ д.о.о., Крагујевац, 2007.



Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Крагујевцу бр 01-1/1128-14 од 22. априла 2010 године именовани смо за рецензенте техничког решења „**МАЛА ВИСОКОУЧИНСКА ХИДРОЕЛЕКТРАНА ТИПА „ФРАНЦИС“**“ аутора *Др Милун Бабић, редовни професор, дипл. маш. инж., Казимир Даријевић, дипл. маш. инж., Др Добрица Миловановић, редовни професор, дипл. маш. инж. Др Душан Гордић, банредни проф., дипл. маш. инж., Дубравка Јелић, дипл. маш. инж., Давор Кончаловић, дипл. маш. инж.*

На основу предлога овог техничког решења подносимо следећи

## ИЗВЕШТАЈ

Техничко решење „**МАЛА ВИСОКОУЧИНСКА ХИДРОЕЛЕКТРАНА ТИПА „ФРАНЦИС“**“ аутора *Др Милун Бабић, редовни професор, дипл. маш. инж., Казимир Даријевић, дипл. маш. инж., Др Добрица Миловановић, редовни професор, дипл. маш. инж. Др Душан Гордић, банредни проф., дипл. маш. инж., Дубравка Јелић, дипл. маш. инж., Давор Кончаловић, дипл. маш. инж.*, реализовано 2008. године, приказано је на 19 страница формата А4, писаних Cambria фонтом, стандардним проредом, садржи 19 слика. Састављено је 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.
- 6.

Техничко решење припада области малих хидроелектрана. Наручилац техничког решења је фирма „Крагујелектране“ д.о.о., власника Казимира Даријевића дипл. инж. маш..

Примена предложеног техничког решења реализована је у предузећу „Весна – С“ д.о.о., Бугојно, Босна и Херцеговина, власника Смајић Хусеина.

## МИШЉЕЊЕ

*Аутори техничког решења „МАЛА ВИСОКОУЧИНСКА ХИДРОЕЛЕКТРАНА ТИПА „ФРАНЦИС““ су јасно приказали и теоријски обрадили комплетну структуру техничког решења.*

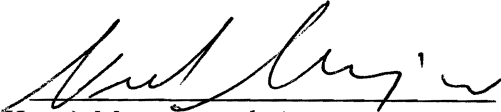
*Техничко решење је фокусирано на пројектовање турбинских делова малих хидроелектрана (конкретно типа „Францис“) за случај унапред прецизиране енергетске могућности конкретне локације на којој је планирана градња МХЕ.*

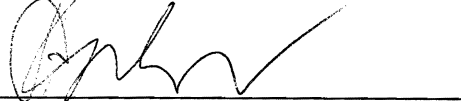
Овде представљено компјутерско моделирање процеса пројектовања и подршке у производњи увелико доприноси повећању учинковитости МХЕ са једне стране а са друге стране – не подиже коначну цену коштања једног оваквог агрегата. Ово је посебно важно ако се има у виду јединственост сваке МХЕ која је диктирана хидролошким и другим условима на терену, а која резултује појединачном или малосеријском производњом.

Техничко решење је реализовано у предузећу „Весна – С“ д.о.о., Бугојно, Босна и Херцеговина.

Са задовољством предлагемо да се техничко решење „МАЛА ВИСОКОУЧИНСКА ХИДРОЕЛЕКТРАНА ТИПА „ФРАНЦИС““ прихвати као ново техничко решење.

9. јун 2010. године, у Крагујевцу

  
Др Ненад Маријановић, дипл. маш. инж.

  
Др Божидар Богдановић, дипл. маш. инж.



Универзитет у Крагујевцу  
Машински факултет у Крагујевцу  
Број : ТР-32/2010  
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 „Мала високоучинска хидроелектрана типа ФРАНЦИС“, аутора Др Милуна Бабића, Казимира Даријевића, др Добрице Миловановића, др Душана Гордића, Дубравке Јелић и Давора Кончаловића.

Решење припада класи М81, 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 Ненад Марјановић, ред. проф., Машински факултет у Крагујевцу
2. Др Божидар Богдановић, ред. проф., Машински факултет Ниш

Достављено:  
Ауторима  
Архиви

ДЕКАН МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА



Др Мирослав Бабић, ред. проф.