

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА ЗА ХИДРАУЛИЧНЕ МАШИНЕ И ЕНЕРГЕТСКЕ СИСТЕМЕ, МОДУЛ ЗА ХИДРОЕНЕРГЕТИКУ

Чланови Катедре у пензији и активни

РЕЗИМЕ

Катедра за хидрауличне машине и енергетске системе је једна од најстаријих катедара Машинског факултета. Поникла је из општих предмета Техничке велике школе. Катедра за хидрауличне машине и постројења званично је формирана 1931. год на Машинском одсеку Техничког факултета Велике Школе. Сада Катедра носи назив Катедра за хидрауличне машине и енергетске системе. Задачи Катедре су одржавање савремене наставе на основним, дипломским и докторским студијама, бављење теоријским и експерименталним испитивањима и сарадња са привредом у области хидроенергетике и струјања. Катедра поседује Завод за хидрауличне машине подељен у шест лабораторија за обављање експерименталних истраживања и вежбу студената. У области теоријских и експерименталних истраживања објављен је велики број стручних и научних радова. Сарађујући са привредом чланови Катедре су конструисали и освојили одређен број турбина, пумпи, вентилатора, компресорских кола, уређаја за мерење струјних величина и др. Такође извршили су знатан број комплексних и гаранцијских мерења на хидроенергетским и другим објектима.

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Први зачеци наставе о хидрауличним машинама у Србији налазе се у оквирима програма општег предмета "Механика и Наука о машинама" уведеног 1873. године у наставу Техничког факултета Велике школе. Званично, предавања из овог предмета започела су тек 1887. године постављањем Светозара Зорића на место професора. У току развоја машинске науке у Краљевини Србији у оквиру Техничког факултета формиран је 1897. године Машински технички одсек и из наведеног општег машинског предмета издвојен је посебан предмет »Грађење хидрауличких мотора са пројектовањем« који је предавао професор С. Зорић. Већ 1906. године проф. С. Зорић гради прву хидрауличку лабораторију. Проф. Владимир Фармаковски 1924. године почиње да предаје предмет »Хидраулички мотори« након одласка проф. С. Зорића у пензију, а 1925. године је написао први уџбеник у Србији »Хидраулички мотори« који је заснован на оновременским модерним сазнањима о хидраулици и хидрауличким турбинама.



Сл.1. проф. С. Зорић
(1854-1931)



Сл.2. проф. В. Фармаковски,
академик САНУ
(1880-1954)



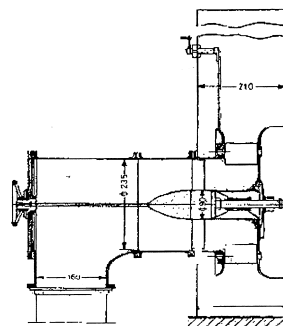
Сл.3. проф. Н. Обрадовић,
академик САНУ
(1900-1982)

Професор В. Фармаковски уступа 1930. године предмет новоизабраном доценту Николи Обрадовићу и уједно му предаје руковођење скромно опремљеним Заводом за хидрауличке машине смештеним у новоизграђеној згради Техничког факултета у улици Краља Александра Обреновића. По преузимању предавања од стране доц. Н. Обрадовића назив предмета »Хидраулички мотори« се мења у »Хидрауличке машине«. Од тих дана захваљујући проф. Н. Обрадовићу изучавање хидрауличких

машина добија у замаху. Још 1929. године проф. Н. Обрадовић конструише прву Капланову турбину у Србији чији прототип се уграђује у воденицу »Св. Петка« код Ниша.



Сл.4. Књига “Хидраулички мотори” (1925)



Сл.5. Прва Капланова турбина изграђена у Србији (1929)

Поред већ наведеног предмета доц. Н. Обрадовић уводи и држи предавања из предмета “Пројектовање ротационих машина” и “Црпке и вентилатори”. Општом Уредбом Универзитета на Машинско-електротехничком одсеку Техничког факултета формирана је први пут 1932. године Катедра за хидрауличке машине и постројења којој је припао и Завод за хидрауличке машине и постројења. Завод за хидрауличке машине и постројења добија велики простор 1940. године у ново подигнутој згради Машинског одсека у улици Гробљанска 1 (сада Рузвелтова 1а). Машински факултет је основан 1948. године на коме је била и Катедра за хидрауличке машине. У новој згради Машинског факултета 1965. године Завод за хидроенергетику се проширује новим просторијама. Катедра 1987. године мења назив у Катедра за хидроенергетику јер се у међувремену делатност Катедре проширила на многе нове временом захтеване области. 2004. године катедра мења назив у Катедра за хидрауличке машине и енергетске системе.

2. ОБРАЗОВАЊЕ НА КАТЕДРИ ЗА ХИДРАУЛИЧНЕ МАШИНЕ И ЕНЕРГЕТСКЕ СИСТЕМЕ

Хидроенергетска постројења, машине и опрема имају веома широку примену у многим привредним областима, као што су електропривреда, процесна индустрија, енергетика, водопривреда, индустрија нафте и нафтних деривата, транспорт течности и чврстих материјала, пољопривреда и друге делатности. Сагласно реченом, као и чињеници да су неке од наведених привредних области стратешки важне за просперитет Србије, потреба за машинским инжењерима хидроенергетског профила је изразита. Поред темељног изучавања струковне материје, студенти стичу знања и из других области машинства, тако да се без тешкоћа могу укључити и у остале домене машинске технике, ако се за то укаже потреба.

На основним академским студијама Катедра обавља наставу из следећих предмета:

Шифра	Назив	Семестар / позиција	Год.	Врста пред.
ХЕН210-1505	Увод у Пумпе и вентилаторе	5.5	3	изборни
ХЕН210-0999	Основе турбомашина	6.3	3	изборни
ХЕН210-0807	Основе технике мерења	6.4	3	изборни
ХЕН210-0361	Завршни предмет – Пумпе и вентилатори	6.5	3	изборни
	Завршни предмет – Основе турбомашина			
	Завршни предмет – Основе технике мерења			

Услов за стицање титуле ИНЖЕЊЕР МАШИНСТВА – ХИДРОЕНЕРГЕТИКА: положена ДВА од четири понуђена предмета (Увод у енергетику, Пумпе и вентилатори, Основе турбомашина, Основе технике мерења) и Завршни предмет (В.Сс. рад) .

На мастер академским студијама Катедра обавља наставу из следећих предмета:

Шифра	Назив	Семестар / позиција	Год.	Врста пред.
ХЕН220-1000	Теорија турбомашина	1.1	1	обавезни
ХЕН220-1422	Пумпе	1.2	1	обавезни
ХЕН220-1423	Пумпе и вентилатори	1.5 и 3.5	1 и 2	изборни
ХЕН220-0808	Хидрауличне турбине	2.1	1	обавезни
ХЕН220-1424	Пројектовање пумпи, вентилатора и турбокомпресора	2.2	1	обавезни
ХЕН220-0809	Вентилатори и турбокомпресори	2.3	1	обавезни
ХЕН220-0926	Техника мерења и сензори	2.4	1	изборни
ХЕН220-1001	Турбомашине	2.4	1	изборни
ХЕН220-1425	Прорачуни у турбомашинама	2.5	1	изборни
ХЕН220-1210	Стручна пракса М - ХЕН	4.1	2	обавезни
ХЕН220-0810	Хидроенергетска постројења и опрема	3.1	2	обавезни
ХЕН220-1376	Хидрауличне преноснице	3.2	2	обавезни
ХЕН220-0927	Мерења у хидроенергетици	3.3	2	обавезни
ХЕН220-0928	Обновљиви извори енергије – мале хидроелектране	3.4	2	изборни

Студенти Модула за Хидроенергетику на основним и дипломским академским студијама стичу знања на основу осмишљеног и савременог програма, који их оспособљава за успешан рад у следећим областима:

- ◆ пројектовање пумпних постројења, хидроелектрана и вентилаторских система са пратећом хидромашинском и аеродинамичком опремом;
- ◆ пројектовање и конструкција машина (пумпи, хидрауличких турбина, вентилатора, турбокомпресора) и радних кола;
- ◆ погонски инжењеринг на електранама и у пумпним станицама; мерења ваљаности појединих струјних параметара система (проток, напор, снага, кавитација, акустика);
- ◆ анализа квалитета рада постројења (регулисање, заштита од хидрауличног удара, ...);
- ◆ експериментална истраживања струјних процеса;
- ◆ фундаментална истраживања проблема механике флуида уз нумеричку анализу струјних процеса у системима;
- ◆ контрола производње машина;
- ◆ пројектовање хидродинамичких преносника снаге у моторним возилима, транспортним уређајима, и др.;
- ◆ хидраулички и пнеуматски транспорт у индустрији;
- ◆ инжењеринг и консалтинг услуге у пројектним бироима за кориснике из области термотехнике, термоенергетике, процесне технике, ...

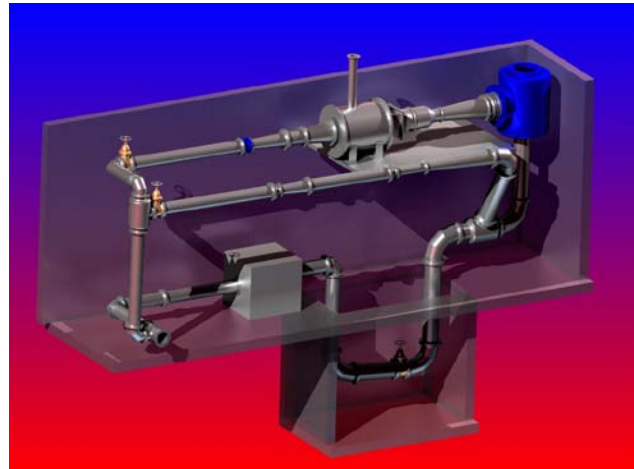
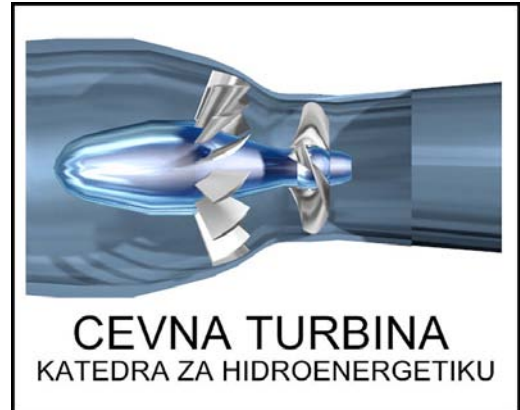
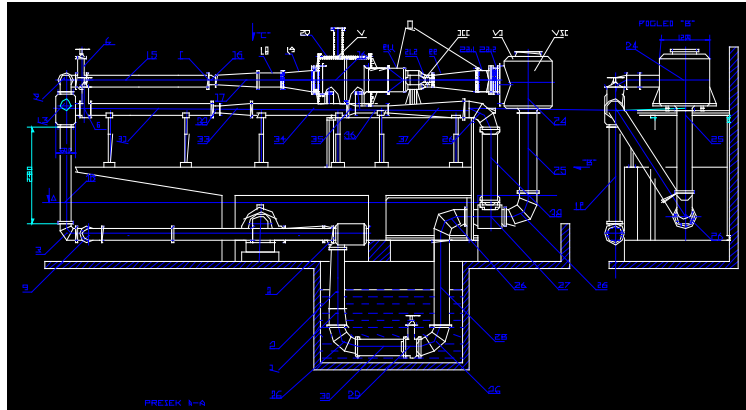
3. ОБЛАСТИ ИСТРАЖИВАЊА КАТЕДРЕ ЗА ХИДРАУЛИЧНЕ МАШИНЕ И ЕНЕРГЕТСКЕ СИСТЕМЕ

Катедра гаји све облике теоријског и експерименталног рада у области основних, развојних и примењених истраживања. Главну основу за истраживачки рад Катедре за хидроенергетику чини Завод за хидрауличне машине са својим лабораторијама:

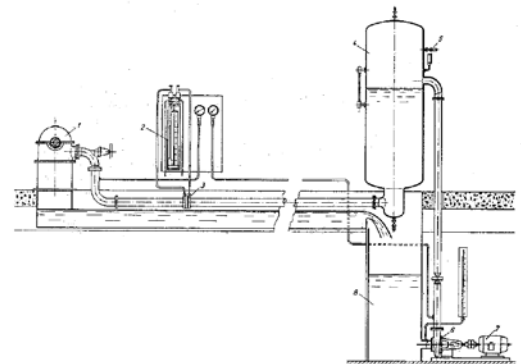
- ◆ Лабораторија за пумпе, хидрауличне турбине, преноснике и хидромашинску опрему;
- ◆ Лабораторија за гасну технику, компресоре и вентилаторе;
- ◆ Лабораторија за струјнотехничка мерења и моделска испитивања;
- ◆ Лабораторије за турбуленцију и мерење брзине струјања флуида и
- ◆ Лабораторија за истраживање, развој, испитивање и оптимизацију хидроелектрана.

Лабораторије су опремљене великим бројем инсталација са припадајућом мерном опремом на којима се врше: научно-стручна испитивања, вежбе студената (основне и дипломске академске студије), и израда докторских дисертација.

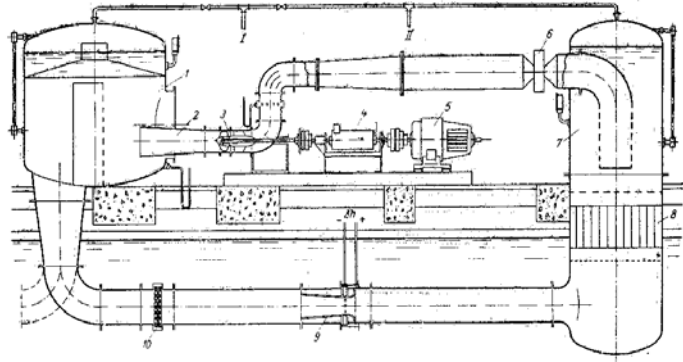
Најважније опитне инсталације су приказане на сликама 6-13:



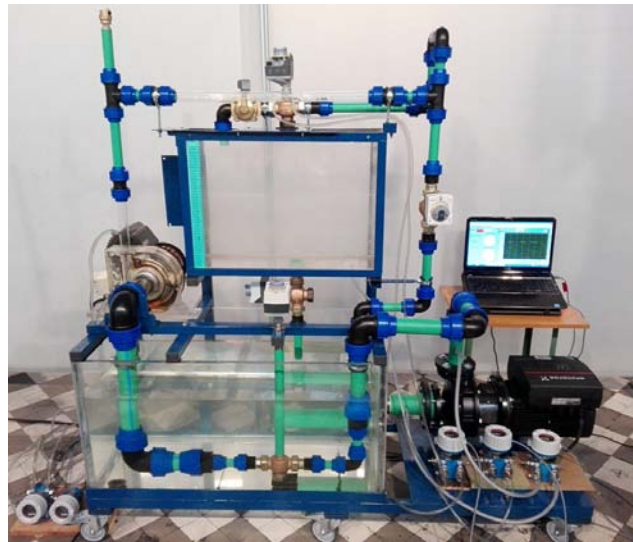
Сл.6. Постројење за испитивање енергетских и кавитацијских карактеристика модела турбина (Франсисових, Капланових, Цевних), малих хидроелектрана и хидромашинске опреме



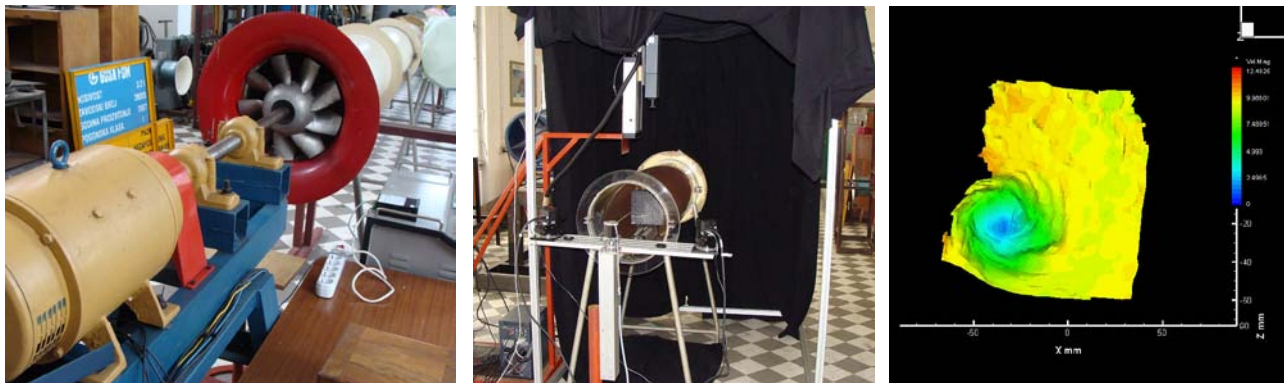
Сл.7. Постројење за испитивање Пелтонових турбина



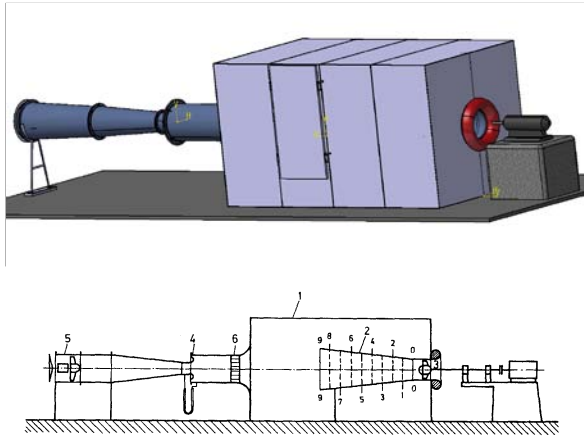
Сл.8. Постројење за изучавање кавитацијских појава у пумпама и на хидропрофилима са могућношћу визуализације кавитацијских појава



Сл.9. Показно-образовна инсталација (са могућношћу управљања преко интернета) за испитивање центрифугалне пумпе према међународном стандарду ISO 9906



Сл.10. Постројење за изучавање турбулентног вихорног струјања у правим цевима. Примена стерео PIV (енг. Particle image velocimetry) мерне технике за одређивање просторног поља брзина



Сл.11. *Постројење за испитивање енергетских карактеристика аксијалних вентилатора и вихорног струјања у дифузорима*



Сл.12. *Постројење за испитивање енергетских карактеристика радијалних вентилатора*



Сл.13. *Постројење за баждарење сонди за мерење брзина и притисака*

Такође, у лабораторијама Завода за хидрауличне машине налазе се и следеће инсталације:

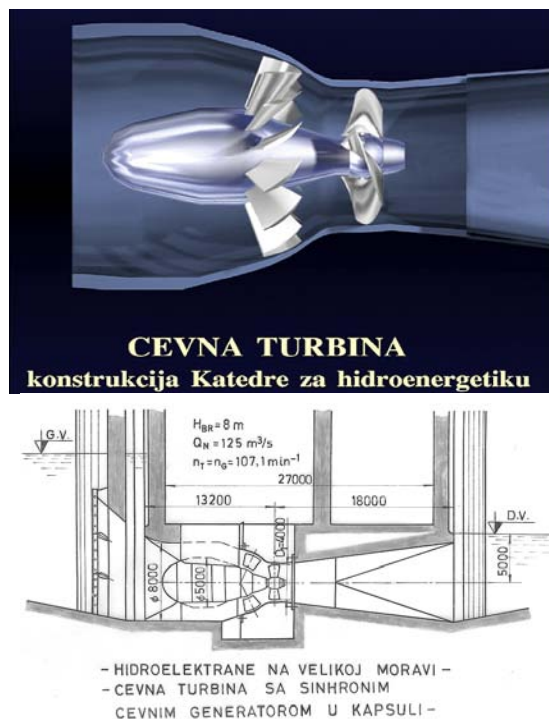
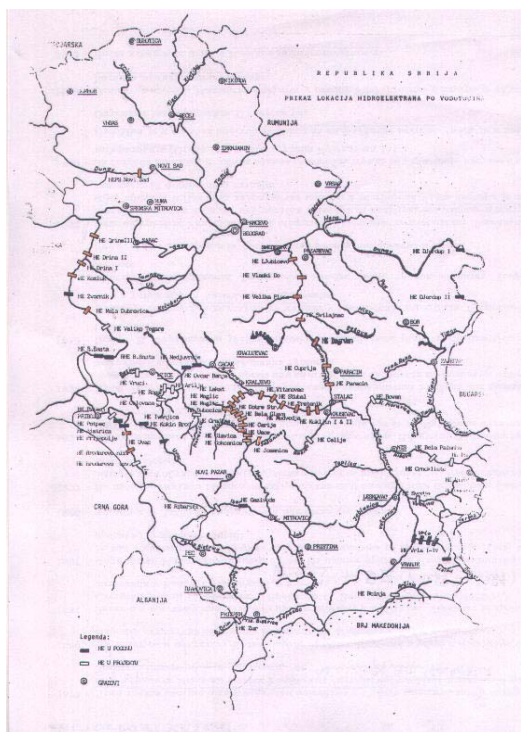
- ◆ постројење за испитивање енергетских и кавитацијских карактеристика модела пумпи,
- ◆ постројење за испитивање ваздухом турбина, пумпи и вентилатора и остале опреме,
- ◆ компресорско постројење за вежбе студената,
- ◆ постројење за испитивање климатизационих канала и прелазних каналских делова,
- ◆ постројење за испитивање модела пумпи, протокомера, затварача и вентила,
- ◆ постројење за баждарење манометара.

Важнији резултати у области основних истраживања су:

- ◆ истраживање вихорног струјања у правим цевима и дифузорима,
- ◆ стабилност струјања обликовањем контура струјног простора,
- ◆ истраживање губитака енергије у колима турбомашина;
- ◆ истраживање нестационарних појава у сложеним хидроенергетским системима,
- ◆ истраживање побољшане методе мерења поља брзина и притисака тродимензијских струјања Конрад сондом и др.

У области развојних истраживања последњих година Катедра је радила на следећим развојним пројектима:

- ◆ Истраживање и освајање цевних турбина ради производње у Р.Србији. Анализирајући потребе за изградњом хидроелектрана на рекама Р.Србије развијен је модел цевне турбине који ће најбоље задовољити услове на нашим рекама малог пада.



Сл.14. Цевна турбина за уградњу у пројектоване ХЕ Србије

- ◆ Развој хидраулике проточних трактова малих хидроелектрана;
- ◆ Развој софтвера за пројектовање и прорачун радијалних и аксијалних хидрауличних турбомашина;
- ◆ Развој софтвера за анализу хидрауличног удара и повратног хидрауличног удара хидрауличних турбина двојне регулације;
- ◆ Развој софтвера за прорачун хидрауличних осцилација и анализу стабилности постројења и др.

Од великог броја примењених истраживања истичу се следећа:

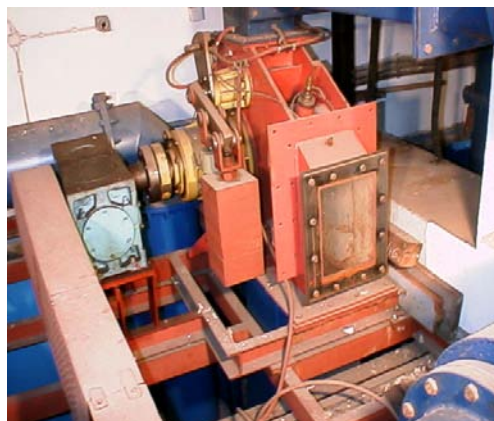
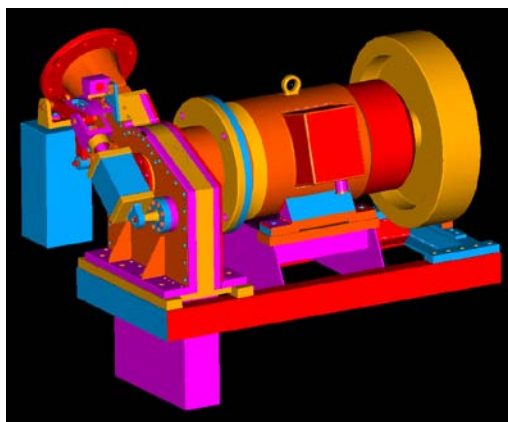
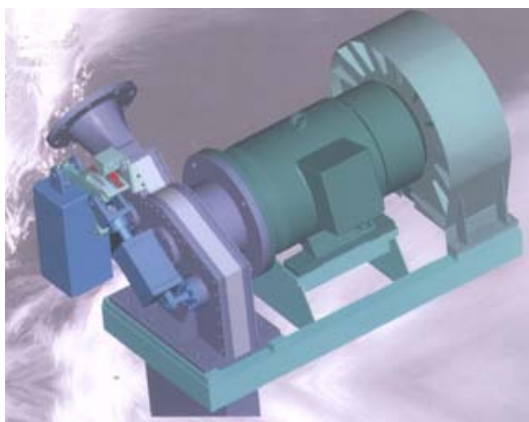
- ◆ Комплексна и гаранцијска испитивања хидроелектрана Ђердап II, Ђердап I, Бајина Башта, Зворник, Бочац, Пирот, Требиње, Овчар Бања, Међувршје, Лимских, Власинских и др.
- ◆ Оптимизација избора турбина за проширење ХЕ "Ђердап" I-Анализа могућности уградње додатних турбина на преливној брани и анализа могућности повећања снаге постојећих турбина
- ◆ Типизација турбинских агрегата са Банки турбинама серије БТ 90
- ◆ Техничко технолошка студија израде хидрауличких турбинских агрегата за мале хидроелектране са цевним С – турбинама пречника обртног кола од 1000-2100 мм и пратећом опремом
- ◆ Техничко решење аксијалне пумпе велике брзоходости
- ◆ Комплексно испитивање пумпи у пумпним станицама на левој обали Дунава
- ◆ Техничко решење центрифугалне пумпе ЦП 200-375
- ◆ Центрифугални вентилатори за подземна склоништа, и др.

4. ПРОИЗВОДИ, ТЕХНОЛОГИЈЕ И ПРИПАДАЈУЋЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

Катедра за хидроенергетику је одувек тежила да своја истраживања усмери ка практичном циљу а то су реализовани производи у сарадњи са индустријом. Остварена је сарадња са следећим производним организацијама и електропривредом: Електропривреда Србије, Прва Петолетка Трстеник, Холдинг Гоша-ФОМ С. Паланка, РТБ-ФОД Бор, Корпорација ИЛР Београд, Јанко Лисјак Београд, Фабрика пумпи Јастребац Ниш, Занус Ваљево, Милан Благојевић Лучани, Север Суботица, Минел Котлоградња Београд, МИН Ниш, Прва Искра Барич и друге.

Неке од важнијих реализованих производа и технологија су:

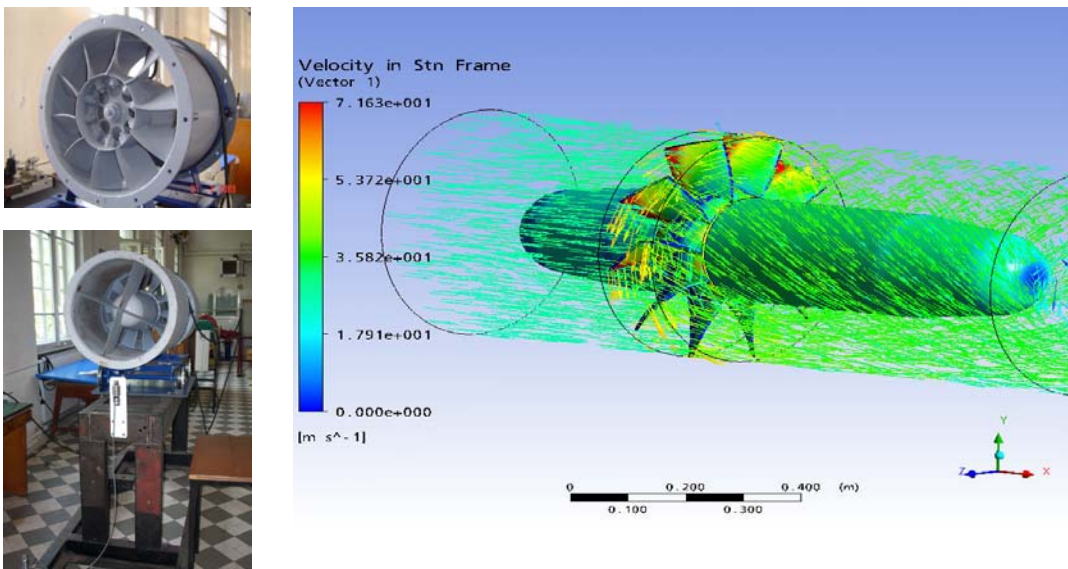
- ◆ Модел Банки турбине снаге 25 kW



- ◆ Модел цевне турбине снаге 15 kW



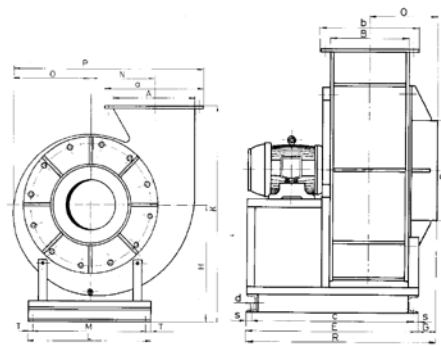
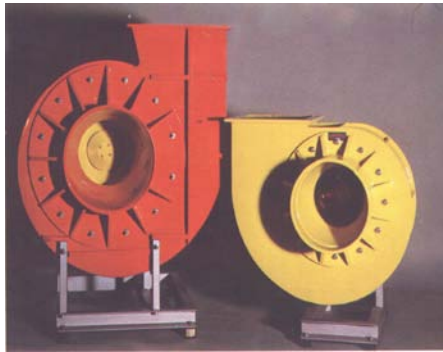
- ◆ Реверзибилни млазни аксијални вентилатор



- ◆ Модел Франсисове и Капланове турбине за мале ХЕ



◆ Радијални, аксијални и кровни вентилатори



5. САРАДЊА СА НАУЧНИМ ИНСТИТУЦИЈАМА И ИНДУСТРИЈОМ

Научна сарадња:

Катедра сарађује са свим универзитетима у земљи и бројним факултетима, као и са: Министарством науке, технолошког развоја и иновација Р. Србије (кроз научне пројекте), Математичким институтом САНУ, Институтом за нуклеарне науке “Винча”, Електротехничким институтом Никола Тесла, Институтом “Михајло Пупин”, Институтом за хемију, технологију и металургију, Центром за микроелектронске технологије, Институтом за физику, Институтом за водопривреду “Јарослав Черни”, Лола Институтом, Рударски институтом доо, Републичким хидрометеоролошким заводом, Акредитационим телом Србије, Дирекцијом за мере и драгоцене метале, Заводом за интелектуалну својину Републике Србије, Фондом за науку Републике Србије, Фондом за иновациону делатност и др.

Привредна сарадња:

Електропривреда Србије, Енергопројект хидроинжењеринг ад, Енергопројект Ентел, ЈП Водовод и канализација, НИС РН Панчево, LAFARGE Србија, Инса, Земун, Гоша-ФОМ, С. Паланка, Rudnar Group - Минел Котлоградња, Београд, Концерн “Бамби” ад, Пожаревац, Занус доо, Ваљево, Беопумпе, Београд, Грундфос, Вило и КСБ, Београд, Бросе Београд, Термовент комерц, DEC International doo, Стара Пазова, Арматуре Стојановић, као и бројне друге приватне компаније.

6. МЕЂУНАРОДНА НАУЧНА САРАДЊА

Чланови Катедре за хидрауличне машине и енергетске системе су остварили сарадњу са свим сродним факултетима и институтима у земљи и са следећим иностраним факултетима и институтима: Technische Fakultät Friedrich-Alexsander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Störungsmechanik - Erlangen, CP Немачка; University of Resita, Engineering Faculty Chair of Fluid Mechanics and Hydraulic Machines, Resita, Romania; Institut für Strömungslehre und Stromungsmaschinen, Universität Karlsruhe, CP Немачка; De'Ecole Nationale Superiere d'Electricite et de Mecanique, (ENSEM), Nancy, Фрнацуска; Tohoku University, Јапан; Госстрой России, Сантехниипроект. Государственный проектный конструкторский и научно-исследовательский инсситут-Москва, Русија; Институтом за механику, Универзитета Ломоносов; Центром за турбуленцију, Стенфорд Универзитета; Лабораторијом за механику флуида, НАСА центра; TU Clausthal, CP Немачка; Hydropower Engineering Technology Research Center of Ministry of Water Resources, НР Кина, и Renewable Energy and Rural Electrification Zhejiang International Science and Technology Cooperation Base, НР Кина и др.

7. ЗАКЉУЧНЕ НАПОМЕНЕ

О Катедри за хидрауличне машине и енергетске системе може се рећи да:

- ◆ Спада у групу катедара са дугогодишњом традицијом,
- ◆ Има добре наставне програме у областима основних, дипломских и докторских студија, које стално усавршава,
- ◆ Поседује потребне лабораторије и опрему за научно-истраживачки рад и наставу коју стајно надограђује и осавременјава,
- ◆ Остварује плодну сарадњу са електропривредом, индустријом, факултетима и институтима,
- ◆ Има знатан број научно-истраживачких резултата и остварених производа,
- ◆ Студенти (хидраши) раде у бројним научним и образовним институцијама, као и компанијама широм Србије и света.