



PROJEKTIRANJE I MODELIRANJE
KOTLOVA - UTILIZATORA

VLAH Branimir, dipl.ing., TPK - Zagreb
STEVANOVIC Milan, dipl.ing., TPK - Zagreb
mr MARAVIC Tomislav, dipl.ing., TPK - Zagreb

1. UVOD

U vremenu nedostatka i štednje energije, a u našoj zemlji i ograničenja investiranja u nove energetske objekte (zbog njihove velike cijene po jedinici), sve se više pokušavaju iskoristiti mogućnosti izvora energije koji su već u eksploataciji, a koji su prije olako i neopravdano zanemarivani. Evidentno je da veliki broj energetskih jedinica raspolaže sa jednim dijelom neiskorištenih mogućnosti. Osim toga u samom procesu proizvodnje, često postoji mogućnost iskorištenja sporednih produkata u energetske svrhe. Navedeni pokazatelji nametnuli su potrebu za razmatranjem mogućnosti iskorištenja ovih zanemarivanih izvora energije. Tako se, između ostalog, došlo do potrebe za razvojem kotlova-utilizatora. Projektiranje utilizatora zahtjeva od projektanta znatan napor u dva smisla :

- projektiranje samog objekta;
- prilagodavanje objekta vrlo specifičnim zahtjevima naručioca u pogledu smještaja, vrste korištenih izvora topline i zahtjevanih parametara samog utilizatora.

Pri tome sa kao izvori topline pojavljuju raznovrsna goriva, a u toku projektiranja, kao i kod drugih takvih objekata, potrebno je koristiti veliki broj tablica, dijagrama i nomograma za iznalaženje termofizičkih karakteristika medija, raznih koeficijenata i korektivnih faktora, a također i određeni broj iterativnih postupaka. Osim toga, kao ograničavajući faktori pojavljuju se i propisi vezani uz gradnju energetskih objekata, standardi proizvođača poluproizvoda, kao i tehnološke mogućnosti naše RO. Kako se kod svakog novog objekta radi o novim parametrima (smještaj, izvor energije, ...), projektant u principu ne može koristiti postojeću dokumentaciju i od njega se, u biti zahtjeva projektiranje novog proizvoda. Za realizaciju svega ovoga potrebno je dosta vremena, što onda poskupljuje i sam objekat. Zbog toga se u TPK, koji se između ostalog bavi i projektiranjem i proizvodnjom ovakvih objekata, pristupilo izradi sistema za projektiranje i modeliranje utilizatora.

Pri tome se vodilo računa o dva parametra:

- potrebe tržišta za takvim objektima;
- fleksibilnosti samog sistema putem unifikacije i standardizacije sklopova i djelova

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE SISTEMA

Kao što je iz naslova vidljivo sistem je koncipiran za projektiranje i modeliranje utilizatora. U obje faze obuhvaćena su dva osnovna tipa utilizatora: (slika 1)

1. Utilizatori sa samo zagrijačkim sklopovima (vrelovodni utilizatori)
2. Utilizatori koji osim zagrijačkih sklopova sadrže i neki drugi sklop (isparivač, pregrijač, hladnjak itd.) (Parni utilizatori),

kao i dva osnovna položaja utilizatora: horizontalni i vertikalni.

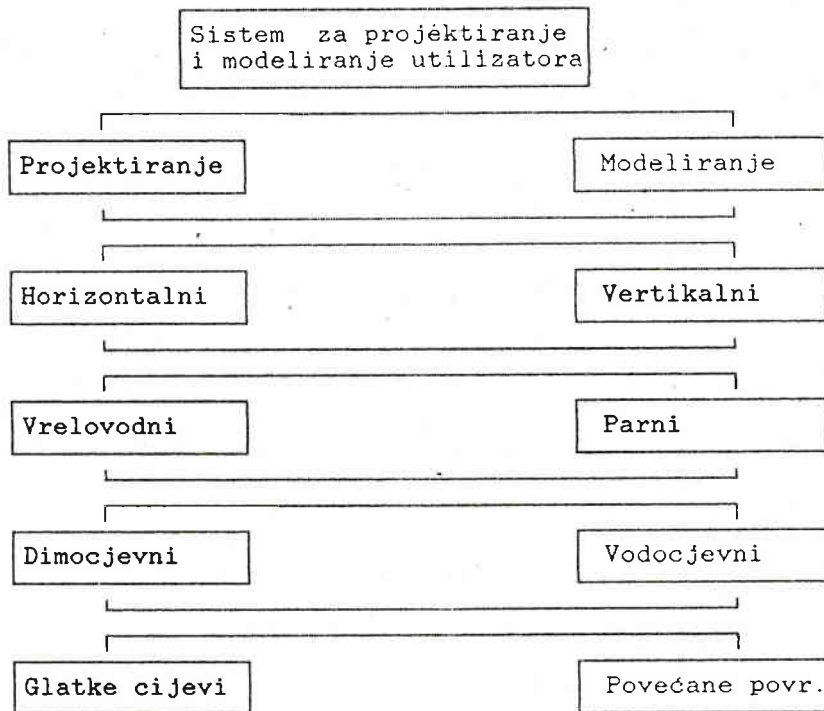
Pri tome su u svim varijantama obrađeni:

1. Utilizatori s uzdužnim nastrojavanjem (dimocjevni utilizatori)
2. Utilizatori s poprečnim nastrojavanjem s:
 - glatkim cijevima;
 - orebrenim cijevima;
 - oigličnim cijevima;
 u koridornom ili šahovskom rasporedu.

Elementi osnovom kojih se, u fazi projektiranja, vrši odabir rješenja su:

1. Izmjenjivačka ploha - mora omogućiti izmjenu topline s potrebnim rezervama.
2. Kućište utilizatora - mora omogućiti pravilan smještaj sklopova i kriterije sigurnosti.
3. By-pass - rješenje skretnog kanala u ovisnosti o potrebi za njim.
4. Hidrodinamički i aerodinamički kriteriji.

U slučaju modeliranja utilizatora dominantni kriteriji su isti kao i kod projektiranja, samo je pristup problemu drugačiji - za već poznatu geometriju utilizatora sistem provjerava prethodna četiri kriterija. Pri tome se koriste neki od modula koji se upotrebljavaju i u fazi projektiranja, a razlika je u tome da program završava rad u trenutku kada bi kod projektiranja započeo generiranje zadovoljavajućih varijanti. U dizajniranju samog sistema za projektiranje i modeliranje kotlova-utilizatora, nastojali smo u što većoj mjeri primjenjivati načela grupne konstrukcije, tako da je samo generiranje zadovoljavajućih varijanti kotla zasnovano na slaganju zadovoljavajućih varijanti sklopova. Osim toga u sistemu su ugrađene datoteke standardnih poluproizvoda, tehnoloških mogućnosti oblikovanja poluproizvoda u našoj RO (radijusi savijanja npr.), kao i propisi koji su zahtjevani za ovakva postrojenja.



slika 1.

3. ALGORITAM SISTEMA

a) Faza projektiranja

1. Izbor sistema s određenim brojem izmjenjivačkih sklopova (zagrijač, predisparivač, isparivač, pregrijač, hladnjak, pregrijač). Ova faza omogućava odluku o izboru utilizatora kao vrelovodnog ili parnog.
2. Definiranje svakog od izabranih sklopova kao:
 - 2.1 Sklopa s uzdužnim nastrujavanjem;
 - 2.2 Sklopa s poprečnim nastrujavanjem s:
 - glatkim cijevima;
 - cijevima s povećanim površinama;
 - i odgovarajućem rasporedu cijevi u cijevnom snopu.
3. Koncipiranje utilizatora kao paketne jedinice ili jedinice s razdvojenim sklopovima, prema kriteriju raspoloživosti smještajnog prostora.
4. Projektiranje sklopova (svaki sklop zasebno), prema:
 - termodinamičkim kriterijima;
 - hidrodinamičkim kriterijima;
 - aerodinamičkim kriterijima;
 - kriterijima čvrstoće i zadovoljenja propisa.

Pri tome se za odabrane cijevi s povećanim izmjenjivačkim površinama uzima u obzir forma orebrenja, odnosno forma oigličanja - koraci, duljina rebra, veličina iglica itd.)

5. Projektiranje by-passa, ukoliko izvedba zahtjeva takvo rješenje. Pri tome se uzima u obzir smještaj by-passa. (Da li će biti ukomponiran u paketnu izvedbu ili ne).

6. Provjera čvrstoće elemenata u sklopovima.

7. Sažimanje konstrukcije - odabranih sklopova u cjelovitu konstrukciju, s zadovoljavanjem prostornih kriterija.

8. Provjera čvrstoće ostalih elemenata.
Prema prethodno navedenim koracima sistem generira veći broj rješenja koja zadovoljavaju tražene projektne uvjete. Stoga je u algoritmu definirana i deveta točka:

9. Kriterij ocjene valjanosti predloženog rješenja, u koju je moguće ugraditi parametre osnovom kojih se između predloženih rješenja odabira optimalno.

b) Faza modeliranja

1. Definiranje geometrijskih parametara kotla s razmatranjem

- položaja utilizatora;
- vrste baznog elementa (vrste cijevi);
- raspored cijevi u snopu;
- dimenzije baznog elementa;
- veze među sklopovima.

2. Modeliranje procesa s ovako definiranom geometrijom s ciljem ostvarenja zadanih funkcionalnih parametara. (Ostvarenje određenog učina, tlakovi, temperature, čvrstoća itd.)

4. REALIZACIJA ALGORITMA

Realizacija sistema obavljena je prema definiranim karakteristikama modela, i to po slijedećim područjima:

- termodinamika
- aerodinamika
- hidrodinamika
- čvrstoća

Iz područja termodinamike realizirano je :

- analiza goriva;
- izgaranje i analiza izgaranja za zadani suvišak zraka i klimatske uvjete;
- analiza dobivenih dimnih plinova;
- analiza prašine i lebdećih čestica u dimnim plinovima;
- učin utilizatora sa stupnjem djelovanja;
- fizikalna i termodinamička svojstva radnog medija;
- fizikalna i termodinamička svojstva dimnih plinova;
- prijelaz topline;
- termodinamičko definiranje pojava u slučaju dvofaznog medija (prijelazi topline);

U realizaciji su korišteni empirijski izrazi prema normativnoj metodi i FDER metodi proračuna.

Iz područja aerodinamike realizirano je:

- aerodinamički proračun strujanja na strani dimnih plinova

Iz područja hidrodinamike realizirano je:

- hidrodinamički proračun strujanja na strani radnog medija

Iz područja čvrstoće realizirano je:

- dimenzioniranje elemenata prema važećim propisima, a primjenjuju se ovisno o želji projektanta: JUS, DIN, ASME.
- prema istim propisima kontroliraju se i elementi tlačnog dijela: cijevi, poklopci, podnice, priрубnice, istežni vijci, plaštevi.
- proračun oplata, ukrućenja, statički proračun utilizatora i sistema zavješanja.
- proračun sigurnosnih elemenata.

Posebno treba naglasiti, da je većinu potprograma koji su korišteni u ovom paketu, moguće koristiti i van njega u drugim programima ili programskim paketima. Pri realizaciji programa korišteni su razni iterativni postupci (Newton - Raphson-ova metoda, metoda bisekcije, metoda sekante) i različite interpolacijske i ekstrapolacijske metode (spline, Newton, Bessel, itd.)

U programe su također ugrađene potrebne kontrole, kako kod navedenih numeričkih postupaka, tako i u ostalim djelovima paketa. Pri tome programi generiraju kodove greški dvaju tipova:

1. Fatalne greške - greške koje su takve da bi nastavak programa nužno doveo do prekida ili pogrešnog rezultata. U tom slučaju izvođenje se prekida.
2. Upozoravajuće greške - greške koje upozoravaju da nije udovoljeno nekim od traženih uvjeta, ali se program ne prekida.

U oba slučaja program automatski pristupa datoteci grešaka i ispisuje poruku o vrsti greške, mjestu nastanka i parametrima koji su je uvjetovali.

5. REALIZACIJA ULAZA-IZLAZA

Učitavanje ulaznih podataka kod velikog broja programskih paketa zna korisnicima zadavati velike probleme. (Strah od pogreške, nepoznavanje programa, loše vođenje kroz sistem ulaznih podataka ili neadekvatna uputstva). Zbog toga smo kod kreiranja ulaznog modula nastojali ostvariti dosta "prijateljski" postavljen odnos čovjeka i računala. Modul za učitavanje ulaznih podataka sadrži tri mogućnosti rada:

1. Učenje
2. Lagani mod rada (u ovom slučaju računalo vodi korisnika po panelima, nudeći mu raspoložive opcije).
3. Brzi mod rada - namjenjen korisnicima koji dobro poznaju sistem i dodatna objašnjenja im nisu potrebna. Osim toga Osim toga korisnik ima mogućnost ispravljanja pogreški kod već učitanih ulaznih podataka bez prekidanja izvođenja programa.

Prilikom oblikovanja ispisa rezultata programa vodili smo računa o dvije stvari:

1. Kome je ispis namjenjen;
2. Svaki modul programa mora imati svoje rezultate vidljive za korisnika.

Iz područja aerodinamike realizirano je:

- aerodinamički proračun strujanja na strani dimnih plinova

Iz područja hidrodinamike realizirano je:

- hidrodinamički proračun strujanja na strani radnog medija

Iz područja čvrstoće realizirano je:

- dimenzioniranje elemenata prema važećim propisima, a primjenjuju se ovisno o želji projektanta: JUS, DIN, ASME.
- prema istim propisima kontroliraju se i elementi tlačnog dijela: cijevi, poklopci, podnice, prirubnice, istežni vijci, plaštevci.
- proračun oplata, ukrućenja, statički proračun utilizatora i sistema zavješanja.
- proračun sigurnosnih elemenata.

Posebno treba naglasiti, da je većinu potprograma koji su korišteni u ovom paketu, moguće koristiti i van njega u drugim programima ili programskim paketima. Pri realizaciji programa korišteni su razni iterativni postupci (Newton - Raphson-ova metoda, metoda bisekcije, metoda sekante) i različite interpolacijske i ekstrapolacijske metode (spline, Newton, Bessel, itd.)

U programe su također ugrađene potrebne kontrole, kako kod navedenih numeričkih postupaka, tako i u ostalim djelovima paketa. Pri tome programi generiraju kodove greški dvaju tipova :

1. Fatalne greške - greške koje su takve da bi nastavak programa nužno doveo do prekida ili pogrešnog rezultata. U tom slučaju izvođenje se prekida.
2. Upozoravajuće greške - greške koje upozoravaju da nije udovoljeno nekim od traženih uvjeta, ali se program ne prekida.

U oba slučaja program automatski pristupa datoteci grešaka i ispisuje poruku o vrsti greške, mjestu nastanka i parametrima koji su je uvjetovali.

5. REALIZACIJA ULAZA-IZLAZA

Učitavanje ulaznih podataka kod velikog broja programskih paketa zna korisnicima zadavati velike probleme. (Strah od pogreške, nepoznavanje programa, loše vodenje kroz sistem ulaznih podataka ili neadekvatna uputstva). Zbog toga smo kod kreiranja ulaznog modula nastojali ostvariti dosta "prijateljski" postavljen odnos čovjeka i računala. Modul za učitavanje ulaznih podataka sadrži tri mogućnosti rada:

1. Učenje
2. Lagani mod rada (u ovom slučaju računalo vodi korisnika po panelima, nudeći mu raspoložive opcije).
3. Brzi mod rada - namjenjen korisnicima koji dobro poznaju sistem i dodatna objašnjenja im nisu potrebna. Osim toga Osim toga korisnik ima mogućnost ispravljanja pogreški kod već učitanih ulaznih podataka bez prekidanja izvođenja programa.

Prilikom oblikovanja ispisa rezultata programa vodili smo računa o dvije stvari:

1. Kome je ispis namjenjen;
2. Svaki modul programa mora imati svoje rezultate vidljive za korisnika.

Tako je u skladu s prvim zahtjevom napravljeno šest različitih vrsta ispisa:

- za kupca;
- za nadležne inspekcijske službe;
- za projektanta;
- za komercijalnu obradu;
- za pogonska uputstva;
- za propagandne svrhe;

a svaki od njih sadrži i informacije koje su isključivo toj grupi korisnika potrebne.

Drugi zahtjev proizišao je prvenstveno iz potrebe za korištenjem pojedinih modula odvojeno od cjeline.

6. SAZETAK

Projektiranje i modeliranje kotlova-utilizatora vrlo je obiman posao i često se provodio samo za određena stanja opterećenja. Stoga je razvijen sistem za automatsko projektiranje i modeliranje utilizatora koji omogućava korisniku - projektantu da u sprezi s računalom u puno kraćem vremenu uspješno riješi probleme projektiranja ili brzo reagira na upite s tržišta. Pri tome projektant raspolaže velikim brojem kvalitetnih informacija što mu omogućava donošenje kvalitetnijih zaključaka i boljih odluka. Sistem je realiziran za dimocijevne i vodocijevne utilizatore u horizontalnom i vertikalnom položaju za proizvodnju vrele vode ili pregijane vodene pare. Pri tome je moguće neovisno definiranje izmjenjivačkih sklopova s glatkim cijevima ili cijevima s povećanim površinama. Termodinamički proračuni bazirani su na izrazima normative i FDBR metode. U program su ugrađeni standardi za materijale i poluproizvode kao i propisi za proračun čvrstoće elemenata postrojenja bitnih za sigurnost eksploatacije (JUS, DIN, ASME). Osim toga svi potrebni dijagrami i tablice transformirani su u oblik matematički pogodan za korištenje na računalu. Interpretacija rezultata prilagođena je vrsti korisnika i direktno je pogodna za prilaganje standardnoj dokumentaciji.

Programi su realizirani u programskom jeziku FORTRAN na računalima IBM 4361 i Personal System 2.

6. SUMMARY

Designing and modelling waste heat boilers is a very extensive work and often has been executed only for the determined load conditions. Therefore, there has been developed a system for automatic designing and modelling of waste heat boilers, providing in conjunction with a computer, to a user-designer to solve problems of designing successfully or to react quickly to market requirements. On that occasion, a designer disposes of a great number of the quality data providing him to make more quality conclusions and better decisions. The system has been realized for smoke- and watertube waste heat boilers in horizontal and vertical arrangement for generation of hot water or superheated steam. In that case, it is possible to define independently heat exchange assemblies with bare tubes or tubes with increased surfaces. Thermodynamic calculations are based on the terms of the normative and FDBR method. The programme incorporates standards for materials and semi-finished products as well as regulations for strength

calculations of the plant components essential for the exploitation safety (JUS, DIN, ASME). Besides, all necessary diagrams and tables are transformed in the form mathematically suitable for use by computers. The interpretation of results is adapted to a kind of user and directly suitable for enclosing to the standard documentation. The programmes are realized in the FORTRAN programming language on the computers IBM 4361 and Personal System 2.

Literatura:

1. Ledinegg, Dampferzeugung Dampfkessel Feuerungen, Springer -Verlag, Wien, New York, 1966
2. Jahrbuch der Dampferzeugungstechnik, Band 2, Vulkan - Verlag-Essen, 5. Ausgabe 1985/86, VGB Technische Vereinigung der Grosskraftwerksbetreiber e.V., Essen und des FDBR Fachverband Dampfkessel -, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V., Düsseldorf
3. Chisholm, Two-phase flow in pipelines and heat exchangers, George Godwin, London and New York, 1983
4. Schwaigerer, Festigkeitsberechnung im Dampfkessel -, Behälter- und Rohrleitungsbau, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1983
5. Agroskin, Dmitrijev, Pikalov, Hidraulika, Tehnička knjiga, Zagreb, 1973
6. Strehlow, Combustion Fundamentals, McGraw-Hill Book Company, 1985
7. Truckenbrodt, Lehrbuch der angewandten Fluidmechanik, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1983
8. Isachenko, Osipova, Sukomel, Heat Transfer, Mir publishers, Moscow, 1980
9. Reznikov, Lipov, Steam boilers of thermal power stations, Mir publishers, Moscow, 1985
10. Teplovoi raschot kotelnikh agregatov - normativni metod, Energija, Moskva, 1973
11. Bošnjaković, Nauka o toplini I, Tehnička knjiga, Zagreb, 1978
12. Bošnjaković, Nauka o toplini II, Tehnička knjiga, Zagreb, 1976
13. Standardi : JUS, DIN, ASME.