



Numerikus szimulációk alkalmazása

Az Energetikai Szakkollégium 2015. tavaszi, Schenek István emlékfélévének első előadására 2015. február 19-én került sor, ahol az érdeklődők a numerikus szimuláció alkalmazhatóságáról, illetve az energetikai gyakorlatban előkerülő konkrét példákról, feladatokról kaphattak információt.

Előadónk Molnár Szabolcs volt, a PÖYRY ERŐTERV ZRt. önálló tervezője.

A PÖYRY vállalat csoport

A PÖYRY vállalat csoportot 1958-ban Jaakko Pöyry alapította, a csoport egy tervezésre, tanácsadásra és mérnökszolgáltatásokra specializálódott vállalat.

Az ERŐTERV ZRt. a magyar energetikai rendszer meghatározó tevékenységeit végezte a II. világháború után, erőműveket, távvezetéseket, alállomásokat tervezett. Műszaki, gazdasági vizsgálatokban, valamint az ezekhez szükséges módszerek, számítógépes eljárások kidolgozásában nagy szerepet kapott. A Társaság 2010. június 15-étől a PÖYRY cégcsoport tagja lett.

A numerikus szimuláció elméleti megközelítése

A növekvő népesség, a folyamatos fejlődés és az igények változása a természeti erőforrások egyre nagyobb ütemű kiaknázását, az energiafelhasználás növekedését vonja maga után, aminek globális hatásai folyamatosan érezhetővé válnak.

A fenntartható fejlődés eléréséhez szükséges az energiafelhasználás csökkentése, amiben jelentős szerepet játszik az energiatudatos tervezés.

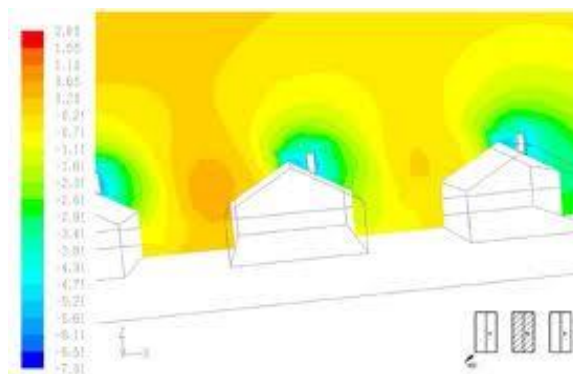
Az épületenergetikai szektorban a tudatos tervezés létfontosságú, a világ energiafelhasználásának közel 40%-a ebben a szektorban történik. Segítségünkre lehet az energiatudatos építészet, az aktív-és passzív rendszerek alkalmazása.

Ahhoz, hogy a fizikai folyamatokat a tervezők a legapróbb részletességig megvizsgálhassák, azokat matematikai és geometriai modellek segítségével kell leírniuk. A tervezéshez szükséges a valóság minél pontosabb leírása, az ésszerű

egyszerűsítéseket figyelembe véve. A számítások egyszerűsítéséhez a numerikus szimulációs szoftverek nyújtanak segítséget.

A korábbi évekhez képest az áramlások numerikus szimulációja, számítása nagyon gyors fejlődést mutat.

A hő- és áramlástan alapegyenleteinek: a tömeg-, az impulzus- és az energia-megmaradást leíró, valamint a mozgás- és energiaegyenleteket, a kontinuitást valamint egyéb mennyiségek (pl. turbulencia), transzportegyenleteinek numerikus megoldására épülő szoftvereket az ipari gyakorlatban is lehet alkalmazni.



1. ábra. Házsor - utcárészlet

A valóság leírását megközelítő egyenletek a 3D-s, időben állandó és változó, valamint a lamináris és turbulens áramlások számítását is lehetővé teszik.

A hő három terjedési lehetőségének leírása hőátadás, hővezetés, sugárzás számítása viszonylag egyszerűvé válik.

A numerikus szimuláció alkalmas többek között

- égés, kémiai reakciók egyidejű meghatározására
- kétfázisú közegek (porszemcsék áramló közegekben – légtechnika, gáz-buborékok folyadékokban) leírására
- kavitáció számítására áramlásoknál is
- áramlás számítására ellenállásokon keresztül (szűrőkben, membránoknál)
- mozgó, deformálódó térfogatok hálózására

Ezek a lehetőségek nagyban segítik a mérnököket egy-egy felmerülő problémakör megoldásának megkeresésében. Továbbá a szimuláció gyakorta gyorsabb és olcsóbb lehet, mint egy helyszíni mérés vagy egy modell kísérlet.

A Navier-Stokes egyenlet megoldása



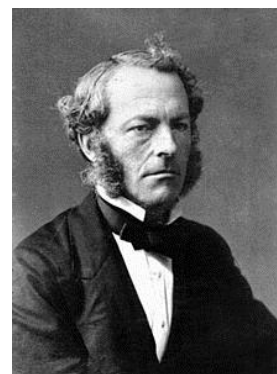
2. ábra. Claude Navier

A Navier–Stokes-egyenleteket, a folyékony anyagok mozgásának, áramlásának leírására Claude Navier és George Gabriel Stokes állította fel.

Ezekkel az egyenletekkel Newton második törvényének, az áramló folyékony anyagokra való alkalmazását írták fel. Azt vették alapfeltételül, hogy az ilyen anyagokban fellépő feszültség két összetevőből, egy a folyékony anyag sebesség-gradiensével arányos diffúziós (a viszkozitást jellemző) és egy nyomás összetevőből áll.

A Navier-Stokes-féle (későbbiekben N-S) mozgásegyenlet numerikus megoldásai nem csak lamináris, kis Reynolds számú áramlások elemzésénél lehetségesek, de bonyolultabb áramlási tartományok esetén is megoldásra vezethetők.

A gyakorlatban azonban többnyire turbulens áramlások fordulnak elő, ezek viszont lényegesen nagyobb kihívásokat jelentenek. Előadónk Peter Bradshaw-t (a Stanford egyetem professzorát) idézte, aki a turbulencia kutatás egyik legkiemelkedőbb alakja: „Turbulencia is the invention of the devil on the 7th day of creation”, ami magyarul annyit tesz, hogy „A turbulenciát az ördög találta ki a teremtés 7. napján”.



3. ábra. George Gabriel Stokes

Az N-S mozgás egyenletek egyik megoldását – az időátlagolt N-S egyenletet – előadónk az előadás során kitért a levezetésre, nyomtatott formában a hallgatóság rendelkezésére bocsátotta.

A Reynolds-egyenlet koordináta egyenleteivel és a kontinuitási egyenletekkel 4 egyenletet kapunk, azonban az ismeretlenek száma több mint ahány egyenletünk van. Az egyenletek így módon nem megoldhatóak, turbulencia modellt vagy numerikus szimulációt kell alkalmazni, mint például a DNS – Direkt Numerikus Szimuláció, vagy a Nagy Örvények Szimulációja (LES).

Gyakorlati alkalmazások

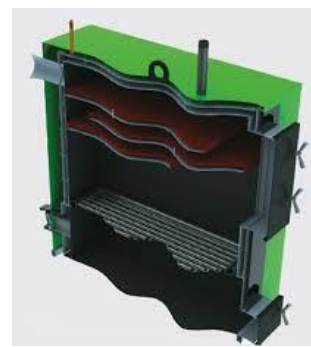
Előadónk fő szakterülete a hőtani folyamatok modellezése, így az előadás során különböző, műszaki gyakorlatban megvalósult, hőtani- és áramlástechnikai folyamatok szimulációját mutatta be.

Kalorifer

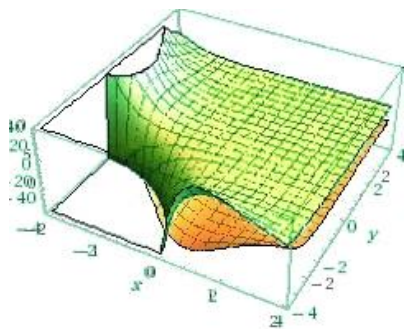
A levegő és annak megfelelő oxigéntartalmának biztosítása a helyiségekben kiemelt fontosságú.

A levegő megfelelő cseréje, az oxigéntartalom biztosítása miatt, fűtés/hűtés olyan helyeken, ahol egyéb okok miatt nem alkalmazhatóak a hagyományos megoldások (pl. múzeumok, koncert termek).

A megvalósításhoz kalorifert alkalmaznak, ami egy keresztáramú hőcserélő.



4. ábra. Kalorifer



5. ábra. A fűtővíz és a levegő hőmérséklet lefutása

Forrás: Molnár Szabolcs

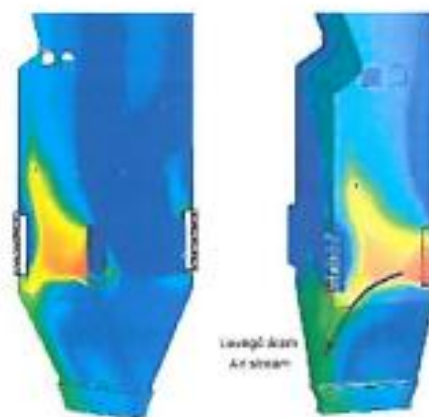
Ahhoz hogy a kívánt célt megvalósítsuk egy adott berendezéssel, szükséges a paraméterek pontos ismerete, ezen esetben például a levegő és a hőhordozó közeg (víz) hőmérsékletének pontos követése. A hőcserét leíró differenciálegyenletek megoldásának segítségével megfelelő szimulációs programmal szemléltethető a fűtővíz és a levegő hőmérséklet lefutása térben.

Tűztér modellezés

A numerikus szimuláció előnye, hogy anélkül, hogy szétszerelnének egy berendezést, meg lehet vele állapítani a meghibásodás okát. Számos gazdasági előnye van, kevesebb a terven felüli karbantartásból adódó üzemállapoti kiesés, ezáltal nő az üzembiztonság, valamint a geometria, a hatásfok és környezetvédelmi paraméterek (káros anyag kibocsátás stb.) nem feltétlenül változnak.

Erre jó példa az oroszlaní erőműben elvégzett tűztérmodellezés. A salakéghető mennyisége megemelkedett, így a kazán bizonyos szerkezeti elemein megnőtt a hőterhelés, ami túlhevülést okozott. A szimuláció során kiderült, hogy másodlagos égési zóna alakult ki a kazán alsó részében.

A szénporégő szekunder levegőjének egy része az alsó régió irányába haladt, azáltal lehetővé tette a másodlagos égési zóna kialakulását. Az éghető anyagot a spirális lángfelépülésből kihulló elégetlen szén szemcsék biztosították.



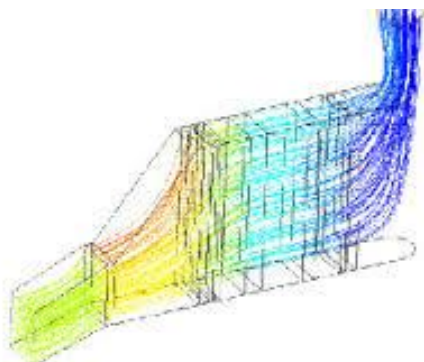
6. ábra. Tűztér hőmérséklet viszonyai

Erre a problémára a megoldást a szénpor égési levegőmennyiségének csökkentése, valamint a szénszemcsék finomabbra történő őrlése jelentette.

Hőhasznosító kazán fejlesztése

A numerikus szimulációk a fejlesztésben is segítségünkre lehetnek.

Széles körben alkalmaznak hőhasznosító kazánokat, amelyeknél gyakori megoldás a gázturbinából kilépő forró gáz hőmérsékletének megnövelése egy égősorral. A tervezés során figyelembe kell venni, hogy a gázturbinából viszonylag kis keresztmetszeten nagy sebességgel kilépő gáz sebességét jelentősen kell csökkenteni a hőátadó felületekig. Az áramlás jelentős mértékű lassítása - különösen meghatározott hossz - igen nehéz feladat, ugyanis számolni kell a határréteg leválásával, kis sebességgel és visszaáramlással jellemezhető leválási buborék keletkezésével. További követelmény, hogy a sebesség csökkenésnek egyenletes legyen, ellenkező esetben kedvezőtlen égési kondíciókkal és helyi túlmelegedések káros hatásával kell számolni.

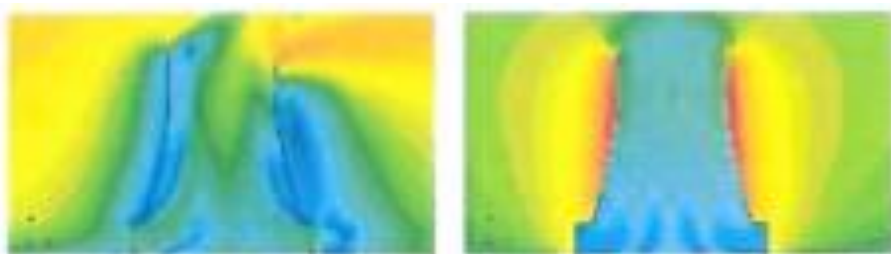


7. ábra. Hőhasznosító kazán diffúzora

A bemutatott példánál a határréteg leválása a diffúzor felső részén egy leválási buborék kialakulását eredményezte, emiatt a hőcserélőbe lépő közeg hőmérséklete felül lecsökkent, és így inhomogén hőmérsékletek alakultak ki a szerkezetben. A diffúzor kis módosításával a határréteg leválás megszüntethető, a hőmérséklet megoszlás egyenlőtlensége pedig mérsékelhető.

Hűtőtorony fejlesztések

A Heller-rendszerű hűtőtoronyoknál az áramlás numerikus szimulálásával optimalizálták a hűtődeltákban kialakuló áramlási és hőátadási viszonyokat. Ennek során meghatározták a hűtőoszlopon a sebességmegoszlás és hőátadás egyenletességének függését a geometriai paraméterektől.



8. ábra. Hűtőtorony környezetében látható sebességeloszlás különböző szélesebségek esetén

Környezeti hatások vizsgálata

A szimuláció segítségével a természeti jelenségek épített környezetre gyakorolt hatását is lehet vizsgálni, például a szélterhelés vizsgálata hidak és magasabb épületek esetében.

A bemutatott példákon és feladatokon keresztül az előadó rámutatott nemcsak a szimulációs eljárások, hanem a tervezési folyamat fontosságára is. A szimulációk segítségével lehetőségünk nyílik a részletes folyamatok megismerésére és megértésére, és ez által a fenntartható fejlődésnek megfelelő energetikai létesítményeket lehet tervezni és üzemeltetni, mely a jelen energetikusainak egyik legfontosabb feladata.

Tomasics Sára
Energetikai Szakkollégium tagja