ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Seria: MECHANIKA z.99

Nr kol. 1057

SYMPOZION "MODELOWANIE W MECHANICE" POLSKIE TOWARZYSTWO MECHANIKI TEORETYCZNEJ I STOSOWANEJ Beskid Śląski, 1990

Janusz Lewandowski, Andrzej Miller Marek Mościcki, Jacek Szczap Instytut Techniki Cieplnej Politechnika Warszawska

MODEL MATEMATYCZNY DYNAMIKI PROCESÓW CIEPLNYCH W FABRYCE BETONÓW KOMÓRKOWYCH

<u>Streszczenie</u>. Omówiono koncepcję modelu matematycznego do badania procesow nieustalonych w fabryce betonów komórkowych. Przedstawiono schemat instalacji. Podano podstawowe równania bedące podstawą do sformułowania modelu. Przedstawiono przykładowe wyniki obliczeń.

1. Wstep

Masowe pojawienie się na polskim rynku tanich minikomputerów typu IBM PC spowodowało większe zainteresowanie przemysłu metodami komputerowymi w zastosowaniu do obliczeń związanych z procesami produkcyjnymi i technologicznymi. Tam gdzie dotychczas z różnych względów użycie techniki komputerowej nie było sensowne, obecnie pojawiły się tendencje do komputerowego wspomagania procesów projektowania, sterowania produkcja, itp;, właśnie na bazie minikomputerów typu IBM PC.

W referacie przedstawiono pewien fragment prac związanych z wprowadzeniem automatyzacji sterowania produkcją w fabrykach betonów komórkowych (FBK). Fragment ten objął utworzenie cyfrowego modelu dynamiki FBK.

1989

2. Przedstawienie zagadnienia

Fabryka betonów komórkowych jest układem złożonym z kilku do kilkunastu dużych autoklawów, w których przebiega proces autoklawizacji elementów betonowych oraz z szeregu różnych wymienników ciepła. Przykład uproszczonej struktury FBK przedstawiono na rys.1.

Autoklawizacja betonu polega (w skrócie mówiąc) na wygrzewaniu parą wodną (1.3 MPa, 200 st.C) przez kilkanaście godzin elementów betonowych umieszczonych w autoklawie. Ze względów technologicznych ważne jest tempo wzrostu temperatury betonu i czas jego wygrzewania w autoklawie. Schemat przebiegu ciśnienia w autoklawie przedstawiono na rys.2 (z uwzględnieniem fazy podciśnienia stosowanej ze względów technologicznych)

W čelu zmniejszenia ilości zużywanej pary jest ona przerzucana z jednego autoklawu do drugiego, co wymusza cykl pracy całej FBK (rys.3).

W tak funkcjonującej FBK występują trzy zasadnicze problemy. których rozwiązania można poszukiwać na drodze matematycznego modelowania i obliczeń komputerowych:

- 1 minimalizacja zużycia pary świeżej;
- 2 właściwa organizacja przebiegu produkcji, zwłaszcza w momencie występowania zakłóceń (np. awaria jednego z autoklawów);
- 3 kształtowanie właściwej Cz płaktu widzenia powyższych problemów) struktury FBK.



Rys.1. Schemat uproszczonej struktury FBK



Rys.2. Przebieg zmian ciśnienia w autoklawie

Dotychczas problemy te w zasadzie nie były przez przemysł poruszane. Obecnie przemysł betonów dąży do kompleksowego skomputeryzowania decyzji związanych z tymi problemami. Z wielu względów zadanie takie można próbować rozwiązać stopniowo.

Na początku sformułowano więc następujące zadanie: skonstruować model matematyczny FBK i przeprowadzić jego realizację cyfrową pozwalającą na komputerowe wspomaganie CIBM PCD decyzji podejmowanych w zakresie tych problemów



209

radiale ladie moths probeing accession



Rys. 4. Główne strumienie ciepła i masy w procesie autoklawizacji

3. Rozwiązanie zagadnienia

Przyjęto model układu o parametrach skupionych. Równania układu wyprowadzono na podstawie zasady zachowania masy i energii:

 $\frac{dm}{dt} = \Sigma G; \quad \frac{dI}{dt} = \Sigma G. \quad i \quad \text{lub} \quad m c_v \frac{dT}{dt} = \Sigma Q.$

Głównym elementem struktury FBK jest autoklaw i w nim zachodzą najbardziej złożone procesy termodynamiczne związane z nagrzewaniem się betonu i wiązaniem wody przez beton, ciągłym wydzielaniem się kondesatu oraz wymianą ciepła pomiędzy parą, wodą, betonem, płaszczem autoklawu i otoczeniem. Przedstawiono je w sposób uproszczony na rys.4.

Zachowanie się autoklawu w warunkach nieustalonych opisano następującymi równaniami:

Zmiany temperatury ścian autoklawu

Zmiany masy wody związanej w betonie:



Rys. 5. Struktura programu symulacji procesów nieustalonych w FBK



Rys. 6. Zmiany temperatury pary (T) i temperatury betonu (T) w czasie autoklawizacji

Zmiany temperatury betonu i temperatury form:

$$(m_{c_b} + m_{c_c}) \frac{dT_b}{dt} = Q_{bm} + Q_{bq}$$

 $\mathbf{m}_{\mathbf{f}}\mathbf{c}_{\mathbf{f}} \frac{\mathrm{d}\mathbf{T}_{\mathbf{f}}}{\mathrm{d}\mathbf{t}} = \mathbf{Q}_{\mathbf{f}} \ .$

Zapotrzebowanie na parę

$$G = G_{k} - \left(\frac{V}{\sqrt{2}} \frac{dv}{dp} - \frac{dp}{dt}\right),$$

Zmiany temperatury betonu i temperatury form:

Tb Tb1²1^m

Zmiany temperatury betonu i temperatury form:

$$(m_b c_b + m_c c_b) \frac{dT_b}{dt} = Q_{bm} + Q_{bq}$$

mrcrat .

Strumienie ciepła i masy występujące w powyższych równaniach wyrażają się wzorami:

Q - str. ciepła od pary do ścian autoklawu:

$$Q = F k (T - T),$$

Q - str. ciepła od ściany autoklawu do otoczenia:

$$W_{g} = CF_{g} k_{g} + F_{gi} k_{gi} CT_{a} - T_{j},$$

Q_ - str. ciepła od pary do betonu na drodze wnikania ciepła:

$$Q_{has} = F_{has} k_{U} (T - T_{has})$$

Q_ - str. ciepła od pary do betonu na drodze wnikania masy:

$$Q_{bm} = \frac{dm}{dt} h$$
.

Q - str. ciepła od pary do form:

$$Q_{T} = F_{f} k_{U} (T - T_{f}).$$

G - wydatek kondensatu:

$$G_{\mathbf{K}} = \frac{Q_{\mathbf{f}} + Q_{\mathbf{y}} + Q_{\mathbf{b}\mathbf{q}}}{h^* - h'} \cdot$$

Poszczególne symbole oznaczają:

 $m_a, m_b, m_f, m_g = masy:$ autoklawu, betonu, form, wody w betonie; $c_a, c_b, c_f, c_v = ciepła właściwe: ścian autoklawu, betonu, form i wody;$ $T, T_a, T_b T_f, T_r = temperatury: pary, ścian autoklawu, betonu, form i otoczenia;$

V - objętość przestrzeni parowej autoklawu;

v - objętość właściwa pary nasyconej suchej;

dv/dp - pochodna objętości właściwej wzgl. ciśnienia na linii nasycenia;

dp/dt - pochodna ciśnienia w aetoklawie względem czasu;

k , k , k = zastępcze współczynniki przejmowania ciepła od ścian autoklawu: wewnętrznej, zewnętrznej zaizolowanej, zewnętrznej niezaizolowanej;

F., F., F. powierzchnie przejmowania ciepła przez autoklaw: wewnętrzna, zewnętrzna izolowana, zewnętrzna nieizolowana.

Oprócz powyższych równań w modelu autoklawu występuje szereg zależności określających wł. cieplno-fiżyczne pary, betonu i metalu. W sumie pojedynczy autoklaw jest opisany układem 4 równań różniczkowych zwyczajnych i układem kilkunastu równań algebraicznych. Dla całej struktury FBK, zawierającej kilka lub kilkanaście autoklawów i szereg dodatkowych wymienników ciepła, otrzymuje się układ kilkudziesięciu r-n różniczkowych zwyczajnych i kilkuset równań algebraicznych. W celu zrealizowania postawionego wcześniej zadania model ten należy jeszcze uzupełnić algorytmem realizacji połączeń pomiędzy poszczególnymi elementami FBK (przerzuty pary) oraz szeregiem elementów związanych z operacjami WE/WY, grafiką itp. Taki program znacznie przekraczałby możliwości mikrokomputera typu PBM PC AT, przy założeniu rozsądnych czasów obliczeń. W tej sytuacji postanowiono nie upraszczać dalej modelu, co mogłoby znacznie oddalić ów model od modelowanej rzeczywistości, a zmienić sposób rozwiązywania układu równań opisujących całą FBK.

Jak wcześniej wspomniano, ze względów technologicznych niepożądane są zmiany parametrów procesu w okresie nagrzewania i wygrzewania betonu. Pozwoliło to na podzielenie programu na dwie niezależnie działające części. Pierwsza realizuje symulację pojedynczego autoklawu. Druga, zawierająca równania opisujące pozostałe elementy FBK, symuluje zachowanie się całej instalacji (wykorzystując wyniki 1-szej części). Strukturę programu przedstawiono na rys.5. Na rys.6 i 7 przedstawiono przykładowe wyniki uzyskane w trakcie symulacji pojedynczego autoklawu.



Rys.7. Przebieg zmian wydatku pary (G) i kondensatu (G) w czasie autoklawizacji

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОЛЕЛЬ ЗАВОЛА ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ ЛЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛИНАМИКИ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕССОВ

Резрие

Обговорено концепцию математической модели технологической инсталации завода ячеистых для иццледования переходных тепловых процессов. Представляется упрошеную схему инсталации. Приводится базовые уравнения модели. Представляется примерные результаты расчетов.

MATHEMATICAL MODEL OF DYNAMIC OF THERMAL PROCESSES IN CELLUAR CONCRETEPLANT

Summary

A concept of mathematical model of thermal processes dynamic in celluar concrete plant has been discused. The simplied scheme of instalation has been presented. The bases formulas of model have been shown. Some resultes of calculation have been presented.