



POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY
KATEDRA PROCESÓW
I URZĄDZEŃ PRZEMYSŁU SPOŻYWCZEGO

Mgr inż. JOANNA PIEPIÓRKA - STEPUK

Rozprawa doktorska

WPŁYW WARUNKÓW PRZEPŁYWU CIECZY
MIĘDZY PŁYTAMI WYMIENNIKA CIEPŁA
NA SKUTECZNOŚĆ MYCIA W OBIEGU ZAMKNIĘTYM

Dyscyplina: Inżynieria Rolnicza

PROMOTOR: Prof. dr hab. inż. Jarosław DIAKUN

KOSZALIN 2012

Serdeczne podziękowania składam promotorowi Panu prof. dr hab. inż. Jarosławowi Diakunowi za pomoc, opiekę naukową i cenne konsultacje udzielane mi podczas tworzenia pracy.

Wyrazy podziękowania dla współpracowników z Katedry Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego Politechniki Koszalińskiej, którzy przyczynili się do powstania niniejszej pracy.

WPŁYW WARUNKÓW PRZEPIYU CIECZY MIĘDZY PŁYTAMI WYMIENNIKA CIEPŁA NA SKUTECZNOŚĆ MYCIA W OBIEGU ZAMKNIĘTYM

Streszczenie

Rozprawa doktorska składa się z ośmiu rozdziałów dotyczących zagadnień związanych z procesem mycia w systemie CIP płytowych wymienników ciepła wykorzystywanych do pasteryzacji mleka.

W pierwszym rozdziale pracy szeroko omówiono budowę i zasadę działania płytowych wymienników ciepła, dokonano ich podziału oraz zaprezentowano kilka modeli płyt stosowanych w różnych gałęziach przemysłu spożywczego.

W rozdziale drugim zwrócono uwagę na trudności związane z powstającymi zanieczyszczeniami mlekowymi w pasteryzatorach oraz na trudności związane z ich usuwaniem. Scharakteryzowano skład zanieczyszczeń, czynniki, które wpływają na ich powstawanie oraz określono miejsca w wymiennikach, w których najczęściej się gromadzą. W rozdziale tym omówiono również technikę mycia wykorzystywaną do higienizacji tych urządzeń, etapy mycia oraz oddziaływujące czynniki. Dokonano przeglądu chemicznych środków myjących stosowanych do mycia w obiegu zamkniętym wymienników ciepła oraz ich programów mycia.

W rozdziale trzecim zaprezentowano charakter przepływu w pojedynczym kanale między płytami wymiennika ciepła oraz wpływ miejscowych oddziaływań pofałdowań płyt. Przedstawiono rozpoznanie w zakresie badań eksperymentalnych i numerycznych dotyczących warunków przepływu cieczy między płytami wymiennika ciepła. Zaprezentowano również wielkości charakteryzujące przepływ cieczy w wymienniku upraszczając kanał przepływowy do układu płaskiego.

Czwarty rozdział zawiera cele, hipotezę i zakres pracy. W rozdziale tym dokonano całkowitego podsumowania przeglądu doniesień literaturowych dotyczących płytowych wymienników ciepła i procesu ich mycia oraz postawiono kilka problemów badawczych.

W rozdziale piątym przedstawiono postać modelu ruchu cieczy w przestrzeni między płytami płytowego wymiennika ciepła. Model obejmuje równania matematyczne ciągłości przepływu, bilansu pędu oraz turbulencji. Przedstawiono narzędzie modelowania oraz

dokonano dyskretyzacji modelu. Przeprowadzono obliczenia numeryczne a uzyskane wyniki poddano analizie.

W kolejnym rozdziale zaprezentowano stanowisko do badań eksperymentalnych oraz aparaturę stosowaną do pomiarów. Przedstawiono metodę brudzenia oraz dwie metody oceny czystości powierzchni płyt wymiennika po procesie mycia. Opracowany program badań podzielono na dwa etapy, w których określono czynniki wejściowe, wyjściowe oraz kryteria oceny. Określono zakresy zmienności badanych czynników oraz sporządzono plan eksperymentu.

Siódmy rozdział pracy zawiera analizę uzyskanych wyników badań eksperymentalnych. W rozdziale zaprezentowano wyznaczone funkcje regresji opisujące skuteczność procesu mycia płytowych wymienników ciepła w aspekcie takich czynników jak prędkość i czas przepływu oraz temperatura cieczy myjącej, jak również w aspekcie energetycznym. Podjęto próbę wyznaczenia ogólnego równania opisującego proces mycia, zidentyfikowano obszary na pojedynczej płycie oraz płyty w wymienniku, które myją się najgorzej. Omówiono kinetykę procesu mycia na podstawie zmian wartości pH, przewodności i mętności cieczy myjącej, które mierzono *on – line* w procesie mycia oraz omówiono wyniki badań dotyczące wykorzystania chemicznych środków do mycia wymienników ciepła.

Prace kończą wnioski stwierdzające prawdziwość postawionej hipotezy. Mają one wartość poznawczą, utylitarną i określają obszar dalszych prac badawczych, które w tym zakresie powinny być realizowane.

Praca zawiera pięć załączników w postaci tabel z uzyskanymi wynikami z badań eksperymentalnych i wynikającymi z nich obliczeniami (Zał. 1, 2, 3, 4, 5) oraz jeden rozszerzony załącznik metodyczny, dotyczący analizy statystycznej uzyskanych wyników badań i metody wyprowadzania funkcji regresji (Zał. M).

THE INFLUENCE OF THE CONDITIONS OF FLUID FLOW BETWEEN THE PLATES
OF A HEAT EXCHANGER ON THE EFFECTIVENESS OF CLEANING IN CLOSED CIRCUIT

Abstract

The following dissertation consists of eight chapters which discuss the issues of CIP cleaning process of plate heat exchangers used in milk pasteurisation.

Chapter One of this thesis thoroughly examines the construction and operation of plate heat exchangers, classifies them and presents a few types used in food industry.

Chapter Two draws readers' attention to the difficulties connected to milk pollution in milk pasteurisation plants as well as to problems with their removal. It characterizes the composition of contamination and factors influencing its build-up in exchangers. Furthermore, it indicates places in which contamination occurs most frequently. This chapter also discusses a cleaning technique used for hygienisation of milk pasteurization plants, stages of cleaning and factors having influence on it. Finally, it reviews chemicals used for cleaning in closed circuit heat exchangers, and cleaning programs.

Chapter Three presents character of a flow in a single channel between the plates of a heat exchanger, and the impact of the local influence of a plate crease. The analysis of experimental and numerical researches concerning the conditions of fluid flow between the plates of a heat exchanger has also been made here. Additionally, the characteristics of fluid flow in an exchanger have been given, simplifying a flow channel to a plane system.

Chapter Four contains aims, hypothesis and the scope of the research. A complete review of literature on plate heat exchangers and the process of their cleaning. Furthermore, a few research problems have been identified.

Chapter Five presents a model of fluid flow in the space between heat exchanger's plates. The model comprises of mathematical equations of continuity of flow, balance of momentum and turbulence. This chapter also demonstrates the modelling tool and carries out the discretisation of the model. Numerical calculations have been carried out and their results have been analysed.

Chapter Six shows the stand for experimental research and apparatus used for measuring. The method of dirtying and two methods of assessing the cleanliness of the surface of heat plate exchangers have been presented. The research program has been divided into two

stages, in which input and output factors have been identified together with criteria for assessment. The range of variability of the examined elements has been set and a plan of an experiment has been prepared.

Chapter Seven includes the analysis of the results obtained in the experiment. It presents outlined functions of regression describing the effectiveness of the cleaning process of plate heat exchangers in terms of the velocity and time of flow and the temperature of cleaning fluid, as well as in terms of energy. An attempt has been made to set a general equation describing the process of cleaning. Then the areas on a single plate and plates in an exchanger which are cleaned less effectively have been identified. The kinetics of the cleaning process has been examined taking into consideration the changes in pH values, conduction and turbidity of cleaning fluid, which have been measured on-line in the process of cleaning. Finally, the research findings concerning the usage of cleaning products in heat exchangers have been discussed.

The dissertation finishes with conclusions stating the validity of the formulated hypothesis. They have cognitive and utilitarian value and outline the scope for further research that should be realized in this area.

The thesis includes five appendices in the form of charts with the results of the experimental researches and consequent calculations (App. 1, 2, 3, 4, 5) and one extended methodological appendix concerning both statistical analysis of obtained research results and the method of derivation of the regression function (App. M).