DESIGN AND RETROFIT OF CRUDE FRACTIONATION UNITS

Mr. Ratakorn Buaboocha

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
Case Western Reserve University, The University of Michigan,
The University of Oklahoma, and Institut Français du Pétrole
2004

ISBN 974-9651-12-x

Thesis Title:	Design and Retrofit of Crude Fractionation Units
By:	Mr. Ratakorn Buaboocha
Program:	Petroleum Technology
Thesis Advisors:	Dr. Kitipat Siemanond
	Prof. Miguel Bagajewicz

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

K. Bunyakiat

College Director

(Assoc. Prof. Kunchana Bunyakiat)

Thesis Committee:

Kitipat Siemanond

(Dr. Kitipat Siemanond)

(Prof. Miguel Bagajewicz)

Pramoch R.

(Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

(Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon)

ABSTRACT

4573009063: PETROLEUM TECHNOLOGY PROGRAM
Ratakorn Buaboocha: Design and Retrofit of Crude Fractionation Units
Thesis Advisors: Dr. Kitipat Siemanond and Prof. Miguel Bagajewicz, 117 pp. ISBN 974-9651-12-x
Keywords: Retrofit / Heat Demand-Supply Diagram

Crude fractionation units are designed to separate the crude in several product streams (naphtha, gas oil, diesel, etc.). Crude fractionation is a highly energy intensive process and represented one of the most important areas for energy integration in a refinery by modifying the existing plants and generating improved designs. Important heat exchange also takes place, and the energy efficiency is related to the column design parameters. First, the optimal condenser and pump-around duties were determined for three types of crudes; light, intermediate, and heavy crudes with using the heat demand-supply diagram, an important tool for modification. These crudes constitute the targets for the design of a multipurpose heat exchanger network. The multipurpose design problem for which several alternative solutions of similar cost exist. Such property is suspected to be true for the retrofit case, that is several retrofit scenarios aimed at improving energy efficiency and/or throughput can exist and be competitive. The result was observed that when the optimal condenser and pump-around duties were located in these designs, the energy consumption and operating costs were reduced.

บทคัดย่อ

รฐกร บัวบูชา: การออกแบบและปรับปรุงหน่วยกลั่นน้ำมันดิบ (Design and Retrofit of Crude Fractionation Units) อ. ที่ปรึกษา: ดร. กิติพัฒน์ สีมานนท์ และ ศ. ดร. มิเกล บากาเฮ วิซ 117 หน้า ISBN 974-9651-12-x

หน่วยกลั่นน้ำมันดิบ จัดเป็นหน่วยแรกของโรงกลั่นน้ำมัน ซึ่งทำหน้าที่แยกน้ำมันดิบออกเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ แนฟทา น้ำมันก๊าซออยล์ น้ำมันดีเซล เป็นต้น การกลั่นน้ำมันดิบเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานสูง และเป็นขอบเขตที่สำคัญสำหรับการรวบรวมพลังงานในโรงกลั่นน้ำมัน โดยปรับปรุงและออกแบบให้ดีขึ้น ปัญหาของการออกแบบหน่วยกลั่นน้ำมันดิบไม่เฉพาะการออกแบบการกลั่น แต่ยังรวมถึงสาเหตุอีกหลายประการที่ซับซ้อน กล่าวคือ หน่วยกลั่นน้ำมันดิบควรที่จะสามารถดำเนินไปกับชนิดน้ำมันดิบที่มีความแตกต่างกัน ตั้งแต่น้ำมันดิบหนักจนถึงน้ำมันดิบเบา แม้กระทั่งควรพิจารณาถึงการแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งก็มีความสำคัญเช่นกัน ประการต้น การหาปริมาณพลังงานที่ใช้ใน Condenser และ Pump-Around Circuits ให้เหมาะสมที่สุดสำหรับน้ำมันดิบ 3 ชนิด คือ น้ำมันดิบเบา น้ำมันดิบปานกลาง และน้ำมันดิบหนัก โดยใช้ heat demand-supply diagram เป็นเครื่องมือในการหาปริมาณพลังงาน จากประการต้นนี้จะนำไปสู่การออกแบบเครือข่ายแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger Network) ซึ่งคาดหวังว่าจะสามารถใช้การออกแบบนี้กับน้ำมันดิบทุกชนิด ซึ่งผลจากการหาปริมาณพลังงานที่ใช้ใน Condenser และ Pump-Around Circuits ที่เหมาะสมแล้ว พบว่าปริมาณการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานในหน่วยกลั่นน้ำมันดิบก็ได้ผลที่ดีที่สุดตามไปด้วย

ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been a very good experience. It would not have been successful without the assistance of the following individuals and organization.

This thesis work is partially funded by Postgraduate Education and Research Programs in Petroleum and Petrochemical Technology (PPT Consortium).

First, I gratefully acknowledge Dr. Kitipat Siemanond, and Prof. Miguel Bagajewicz, my advisors, for several enlightens suggestions, discussions, and encouragement throughout the course of my work. This thesis would never have been completed without their consistent help.

I would also thank Prof. Pramoch Rangsunvijit, and Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon, who are my thesis committee for their well-intentioned suggestions and comments is greatly acknowledged.

I would like to take this opportunity to thank all The Petroleum and Petrolchemical College's staffs who supported me throughout my thesis works and

I also forward my special thanks go to all my friends for their friendly help, cheerfulness and suggestions.

Finally, I would like to express deep appreciation to my parents and my family for their endless support, love and understanding.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER **PAGE**

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

TABLE **PAGE**

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

ABBREVIATIONS

CR	(Hot) Crude oil
F	Mass flow rate, kg/s
F_{pi}	Mass flow rate of product i, kg/s
F_{si}	Mass flow rate of steam i, kg/s
h_{FZ}^{W}	Enthalpy of water (steam) at the flash zone, kJ/kg
h_{FZ}^{O}	Enthalpy of hydrocarbon vapor at the flash zone, kJ/kg
$h_{L_{j-1}}$	Enthalpy of liquid falling from tray j-1, kJ/kg
h_{L_O}	Enthalpy of liquid falling into the flash zone, kJ/kg
h_{pi}	Enthalpy of product i, kJ/kg
h_{si}	Enthalpy of steam i, kJ/kg
h_{V}^{W}	Enthalpy of water (steam) rising from tray j, kJ/kg
h_{V}^{O}	Enthalpy of hydrocarbon vapor rising from tray j, kJ/kg
L_O	Overflash rate, kg/s
Q_k	Duty of pump-around circuit k
R	Reflux ratio
R_{min}	Minimum reflux ratio
RES	Residue
S	Steam
SD	Diesel stripping steam
SG	Gas oil stripping steam
SK	Kerosene stripping steam
SR	Residue stripping steam
V_{j}^{W}	Water (steam) flow rate at tray j
V_{FZ}	Vapor flow rate at flash zone
V_{FZ}^{W}	Water (steam) flow rate at flash zone
V_{FZ}^{O}	Hydrocarbon vapor flow rate at flash zone

V_j	Vapor flow rate at tray *j*
V^O	Hydrocarbon vapor flow rate at tray *j*
E	Energy consumption
H_i^s	Enthalpy of stripping steam *i*
U	Minimum heating utility excluding steam