DESIGN OF PETROLEUM REFORMING PROCESS WITH FINANCIAL AND ENVIRONMENTAL RISK MANAGEMENT

Mr. Saran Janjira

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 974-9651-13-8

T 21615998

Thesis Title:	Design of Petroleum Reforming Process with Financial and Environmental Risk Management
By:	Mr. Saran Janjira
Program:	Petroleum Technology
Thesis Advisors:	Asst. Prof. Rathanawan Magaraphan
	Prof. Miguel J. 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:

R. Magaraphan

.....

(Asst. Prof. Rathanawan Magaraphan)

.....

(Prof. Miguel J. Bagajewicz)

.....

(Dr. Ruengsak Thitiratsakul)

Kitipat Siemanond

.....

(Dr. Kitipat Siemanond)

บทคัดย่อ

ศรัณย์ จันทร์จิระ: การออกแบบกระบวนการโดยอาศัยการจัดการความเสี่ยงทางการเงินและสิ่งแวดล้อม (Design of Petroleum Reforming Process with Financial and Environmental Risk Management) อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร. รัตนวรรณ มกรพันธุ์ และ ศ. ดร. มิเกล เจ บากาเฮวิช 60 หน้า ISBN 974-9651-13-8

ในการออกแบบกระบวนการโดยทั่วไป วิศวกรผู้ออกแบบมักคำนึงถึงแต่ในแง่ทางความคุ้มค่าทางการเงินของกระบวนการ โดยพยายามที่จะออกแบบกระบวนการที่สามารถให้ผลตอบแทนที่มากที่สุด แต่เนื่องจากในปัจจุบันปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมเริ่มเป็นหัวข้อที่ทุกคนทั่วโลกให้ความสนใจ ดังนั้นในการออกแบบกระบวนการที่ดีนั้น ผู้ออกแบบควรพิจารณาให้ความสำคัญทั้งทางด้านผลตอบแทนทางการเงินและสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไป

จุดประสงค์ของงานชิ้นนี้ คือการศึกษาหน่วยกระบวนการคะตะลิติกรีฟอร์มิ่ง และพิจารณาออกแบบกระบวนการ โดยมุ่งให้ความสนใจทางด้านขนาดของโรงงาน อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาที่เครื่องปฏิกรณ์ รวมทั้งรูปแบบเครือข่ายของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยพิจารณาทั้งด้านการเงินและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไป โดยมีสมมุติฐานว่าโรงงานใหม่จะถูกสร้างและเริ่มผลิตในปี ค.ศ. 2009 ในประเทศไทยโดยมีอายุของโครงการ 10 ปี

ด้วยข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม กราฟความเสี่ยงและค่าเฉลี่ยทางด้านการเงินและผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะสามารถถูกคำนวณออกมาได้ ประกอบกับการประยุกต์ใช้หลักในการประเมินโครงการเพื่อพิจารณาหารูปแบบกระบวนที่เหมาะสมที่สุด

ภายหลังจากการพิจารณา สรุปได้ว่ารูปแบบกระบวนการ 14b เป็นรูปแบบกระบวนการที่เหมาะสมที่สุด โดยกระบวนการนี้มีขนาดของโรงงาน 14 กิโลบาร์เรลรีฟอร์เมต/วัน, ใช้อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาที่ 501°C โดยการออกแบบให้มีรูปแบบเครือข่ายเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่สามารถประหยัดพลังงานได้มากที่สุด แต่อย่างไรก็ดีโดยทั่วไปในการพิจารณาเลือกรูปแบบกระบวนการ การตัดสินใจขั้นสุดท้ายมักขึ้นอยู่กับการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อเทียบกับผลตอบแทนการลงทุนของผู้ลงทุนเอง ส่วนการตัดสินใจในการเลือกกระบวนการในงานชิ้นนี้เป็นการนำเสนอวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาพิจารณาในการตัดสินใจได้เช่นกัน

ABSTRACT

4573010063: PETROLEUM TECHNOLOGY PROGRAM
Mr. Saran Janjira: Design of Petroleum Reforming Process with Financial and Environmental Risk Management
Thesis Advisors: Asst. Prof. Rathanawan Magaraphan and Prof. Miguel J. Bagajewicz, 60 pp. ISBN 974-9651-13-8
Keywords: Process Design/ Risk/ Management/ Financial Risk/ Environmental Risk/ Uncertainty

In conventional process design, the finance was often the only one aspect in which engineer paid attention. However, nowadays, the environmental problem becomes to be the worldwide concerned issue. Thus, in the process designing step, not only the finance should be determined but also the environment should be considered.

The main objective of this work is to find the proper design of catalytic reforming plant by focusing on the plant capacity and temperature at reactor as well as heat exchanger network type, based on the two decision criteria- finance and environmental impact. On the basis that, the new plant will be established in Thailand, start manufacturing in year 2009 and has a life time, 10 years.

By means of economic & environmental data plus the uncertainty parameters, profit & environmental impact risk curves and expected value can be obtained. Then the optimization knowledge is used in selecting the optimum design.

After evaluating finance and environmental impact, the 14b design seems to be the optimum one- having 14 kbd capacity, 501°C reacting temperature and pinch heat exchanger network type. However, typically the design selection must be based on the decision of investor, which depends on how much awareness they pay on each parameter – finance and environment. The decision method in this work is proposed as a one option to choose the optimum design.

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis could not be completed without the assistance and support of my advisors, colleagues and family. Firstly, I would like to express my deepest gratefulness and appreciation to Asst. Prof. Rathanawan Magaraphan, Prof. Miguel J. Bagajewicz, Dr. Ruengsak Thitiratsakul, Assoc. Prof. Nantaya Yanumet and Dr. Kitipat Siemanond for their valuable advice and sincere assistances for my work.

I also would like to thank my present and former teacher from whom I learned a great deal about the knowledge in chemical engineering and petroleum technology.

Many contribution of my friends need to be mentioned for giving me suggestions and supporting during the thesis conduction period. Moreover, I would like to extent credit to all the Petroleum and Petrochemical College staff. Besides, this thesis work is partially funded by Postgraduate Education and Research Programs in Petroleum and Petrochemical Technology (PPT Consortium).

Finally, to my family, love and thanks, without their support, this work would not been possible.

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
	Title Page	i
	Abstract (in English)	iii
	Abstract (in Thai)	iv
	Acknowledgements	v
	Table of Contents	vi
	List of Tables	ix
	List of Figures	x
CHAPTER		
I	**INTRODUCTION**	1
II	**BACKGROUND AND LITERATURE SURVEY**	2
	2.1 Background	2
	2.1.1 Basic Elements of Multi-objective Optimization	2
	2.1.2 Financial Risk	6
	2.1.3 Environmental Risk	9
	2.1.4 Uncertainty Source	11
	2.2 Literature Survey	12
III	**PROCEDURE**	16
	3.1 Process Selection	16
	3.2 Design Variables	16
	3.3 Variable Setting	17
	3.3.1 Capacity	17
	3.3.2 Reactor Operating Temperature	19
	3.3.3 Type of Heat Exchanger Network	19
	3.4 Process Simulation and Design	19
	3.4.1 Reaction Part	19

CHAPTER **PAGE**

3.4.2 Separation Part 22
3.4.3 Heat Exchanger Design 23
3.5 Data 23
3.5.1 Financial Data 23
3.5.2 Environmental Data 24
3.5.3 Uncertainty 26
3.6 Financial and Environmental Impact Evaluations under Uncertainties 26
3.6 Multi-objective Optimization 27

IV RESULTS AND DISCUSSION 28
4.1 Process Description 28
4.2 Data Assessment 30
4.2.1 Financial Data Assessment 30
4.2.2 Environmental Data Assessment 32
4.3 Financial and Environmental Impact Evaluations 33
4.3.1 Expected Profits and Environmental 33
4.3.2 Impacts Profit and Environmental Impact Distributions 35
4.3.3 Design Optimization 43

V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATION 45
5.1 Conclusions 45
5.2 Recommendations 45

REFERENCES 46

APPENDICES 49
Appendix A Kinetic model reaction 49
Appendix B Heat exchanger network design 52
Appendix C Profit and environmental impact evaluation 55

CHAPTER **PAGE**

Appendix D Coke formation and octane number 58
Appendix E Chemical prices and uncertainty source 60

CURRICULUM VITAE 63

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
2.1	Uncertainty sources	12
3.1	Effects of design parameters on finance and environment	17
3.2	Gasoline demand and supply of Thailand (Petroleum Institute of Thailand, 2004)	18
3.3	Existing reforming unit capacities in Thailand (Petroleum Institute of Thailand, 2004)	18
3.4	Reaction original rate constants (k^0) for the calculation of catalytic reforming kinetic by the method of Krane et al.	20
3.5	The correction exponent coefficient (α)	21
3.6	Value for the parameters: rate constants, pre-exponential factors, activation energies, heat of reaction	22
3.7	Related chemical substances in process	24
3.8	Fuel oil properties	25
4.1	Input and output chemicals in process	30
4.2	Equipment costs of basis design (plant capacity = 20 kbd)	30
4.3	Raw material usage and by-product production	31
4.4	Fuel usage	32
4.5	Benzene occurrence	32
4.6	Carbon dioxide occurrence	33
4.7	Expected profits and environmental impacts	33
4.8	Type of design classification	33
4.9	Sum weight objective values of each design	43

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
2.1	Profit histogram for two cases of resource allocation	6
2.2	Definition of risk (Discrete Case)	7
2.3	Risk curve (Continuous case)	8
2.4	Spectrum of solutions	9
4.1	Catalytic reforming process flow sheet	29
4.2	Comparison between profits and environmental impacts among each design	34
4.3	Profit probability curves of each design	35
4.4	Environmental impact probability curves of each design	36
4.5	Profit cumulative probability curves of each design (Profit risk curves)	37
4.6	Environmental impact cumulative probability curves of each design (Environmental impact risk curves)	38
4.7	Financial risk trend at different profit targets	39
4.8	Environmental risk trend at different environmental impact targets	40
4.9	Profit probability curves of 14b and 20b designs	41
4.10	Profit cumulative probability curves of 14b and 20b designs (Profit risk curves)	42