Tanta University
Faculty of Engineering
Mechanical Power Eng. Dept.

Investigation of Rotating Disk Skimmer Performance for Oil Spills Recovery

A Thesis

Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement of
Master of Science Degree
In
Mechanical Engineering – (Energy Engineering)

By

Eng. Ahmed Moustafa Mohamed Khaira

B.Sc. in Mechanical Power Engineering

Supervisors

Prof. Dr.
Aly M. El-Zahaby

Mechanical Power Eng. Dept.
Faculty of Engineering
Tanta University

Prof. Dr.
Abd El-Naby E. Kabeel

Mechanical Power Eng. Dept.
Faculty of Engineering
Tanta University

Dr.
Ayman I. Bakry

Mechanical Power Eng. Dept.
Faculty of Engineering
Tanta University

2008

Tanta University
Faculty of Engineering
Mechanical Power Eng. Dept.

Researcher Name: Ahmed Moustafa Mohamed Khaira

Thesis Title: Investigation of Rotating Disk Skimmer Performance for Oil Spills Recovery

Degree : Master of Science in Mechanical Engineering-(Energy Engineering)

Supervisors

No.	Name	Position	Signature
1	Prof. Dr. Aly M. El-Zahaby	Mechanical Power Engineering Department Faculty of Engineering Tanta University	
2	Prof. Dr. Abd El-Naby E. Kabeel	Mechanical Power Engineering Department Faculty of Engineering Tanta University	
3	Dr. Ayman I. Bakry	Mechanical Power Engineering Department Faculty of Engineering Tanta University	

2008

Tanta University

Faculty of Engineering

Mechanical Power Eng. Dept

Researcher Name: Ahmed Moustafa Mohamed Khaira

Thesis Title: Investigation of Rotating Disk Skimmer Performance for Oil Spills Recovery

Degree : Master of Science in Mechanical Engineering-(Energy Engineering)

Approved by

No.	Name	Position	Signature
1	**Prof. Dr. Kamal Abd-Elazez. Ibrahem**	Vice dean of Faculty of Engineering for Environment & Community Affairs Faculty of Engineering Minoufiya University	
2	**Prof. Dr. Sadek Zakaria Kassab**	Mechanical Engineering Department Faculty of Engineering Alexandria University	
3	**Prof. Dr. Aly Mohamed El-Zahaby**	Mechanical Power Engineering Department Faculty of Engineering Tanta University	
4	**Prof. Dr. Abd-El-Naby Elbayomy. Kabeel**	Mechanical Power Engineering Department Faculty of Engineering Tanta University	

2008

جامعة طنطا
كلية الهندسة
قسم هندسة القوى الميكانيكية

"بحث أداء القرص الكاشط الدوار فى إستعادة بقع الزيت"

رسالة
مقدمة لإستكمال متطلبات الحصول على درجة
الماجستير
في الهندسة الميكانيكية- (هندسة الطاقة)
مقدمة من

المهندس / أحمد مصطفى محمد خيرة

المعيد بقسم هندسة القوى الميكانيكية
كلية الهندسة - جامعة طنطا

تحت إشراف

أ.د/ على محمد الذهبي
أستاذ بقسم هندسة القوى الميكانيكية
كلية الهندسة- جامعةطنطا

أ.د/ عبدالنبى البيومى قابيل
أستاذ بقسم هندسة القوى الميكانيكية
كلية الهندسة- جامعةطنطا

د./ أيمن ابراهيم بكرى
مدرس بقسم هندسة القوى الميكانيكية
كلية الهندسة- جامعةطنطا

٢٠٠٨

جامعة طنطا

كلية الهندسة

قسم هندسة القوى الميكانيكية

عنوان الرسالة : بحث أداء القرص الكاشط الدوار فى إستعادة بقع الزيت

اسم الباحث: أحمد مصطفى محمد خيرة

الدرجة : درجة الماجستير في الهندسة الميكانيكية - (هندسة الطاقة)

تحت إشراف

م	الاسم	الوظيفة	التوقيع
١	أ.د/ على محمد الذهبي	أستاذ متفرغ بقسم هندسة القوى الميكانيكية كلية الهندسة- جامعة طنطا	
٢	أ.د/ عبدالنبى البيومى قابيل	أستاذ بقسم هندسة القوى الميكانيكية كلية الهندسة- جامعة طنطا	
٣	د/ أيمن ابراهيم بكرى	مدرس بقسم هندسة القوى الميكانيكية كلية الهندسة- جامعة طنطا	

2008

جامعة طنطا

كلية الهندسة

قسم هندسة القوى الميكانيكية

عنوان الرسالة : بحث أداء القرص الكاشط الدوار فى إستعادة بقع الزيت

اسم الباحث: أحمد مصطفى محمد خيرة

الدرجة : درجة الماجستير في الهندسة الميكانيكية - (هندسة الطاقة)

لجنة الحكم والمناقشة

م	الاسم	الوظيفة	التوقيع
1	**أ.د/ كمال عبد العزيز ابراهيم**	وكيل الكلية لشئون خدمة المجتمع و تنمية البيئة كلية الهندسة بشبين الكوم- جامعة المنوفية	
2	**أ.د/ صادق زكريا كساب**	أستاذ بقسم الهندسة الميكانيكية كلية الهندسة- جامعة الإسكندرية	
3	**أ.د/ على محمد الذهبي**	أستاذ بقسم هندسة القوى الميكانيكية كلية الهندسة- جامعةطنطا	
4	**أ.د/ عبدالنبى البيومى قابيل**	أستاذ بقسم هندسة القوى الميكانيكية كلية الهندسة- جامعةطنطا	

2008

ABSTRACT

Recently, rotating disk skimmers have been introduced as a common and an effective oleophilic (adhesion) means for removing oil spills either from open seas or from shallow streaks.

Thus, the present study examines experimentally the performance of rotating disk skimmer due to their great importance in fighting oil spills that have many drawbacks on many faces such as hazardous impact on marine life, coasts, tourism, economy, irrigation, navigation, drinking water etc. Extensive parametric tests have been carried out over a wide range of disk design and operating parameters to investigate their effects on the disk skimmer performance which in turn function in oil recovery rate and efficiency to obtain the optimum design and operating parameters. These parameters include the disk diameter and thickness, disk rotational speed, oil film thickness, oil type, disk center height above the oil-water interface, disk material and disk inclination angle. Tests are performed on a device designed and manufactured to simulate oil spill. Generally, the results show the high effectiveness of disk skimmers as an outstanding device for removing oil spills in static sea conditions.

In addition, an optical observation study has been performed to help in the interpretation and illustration of the various behaviors and trends appeared on the resulted figures encountered in the parametric study, wherever a considerable amount of consistency and matching between the two are recognized. Generally, the results revealed reliable good agreement with that obtained previously by other investigators.

CONTENTS

Subject			Page
ACKNOWLEDGMENTS			I
ABSTRACT			II
SUMMARY			III
CONTENTS			IX
LIST OF FIGURES			XIII
LIST OF TABLES			XXIII
NOMENCLATURE			XXV
CHAPTER (I): INTRODUCTION AND LITERATURE REVIEW			**1**
I-1	INTRODUCTION ABOUT OIL SPILL		1
I-2	SOURCES OF OIL POLLUTION		1
I-3	BEHAVIOR OF SPILLED OIL (THE FATE OF OIL SPILL AT SEA)		3
	I-3.1	Persistence of Oil	3
	I-3.2	Oil Transformation processes	4
I-4	EFFECTS OF THE OIL SPILLS ON THE ENVIRONMENT		5
I-5	INFLUENCE ON OIL SPILL EFFECTS DUE TO TIME OF YEAR		7
I-6	INCIDENT ASSESSMENT AND MONITORING		7
I-7	OIL SPILL STATISTICS		8
	I-7.1	Number and Amounts	8
	I-7.2	Causes of Spills	8
I-8	INFORMATION GATHERING AND RISK ASSESSMENT		10
	I-8.1	Properties of oil	11
	I-8.2	Current and wind data	12
	I-8.3	Sea conditions	14
	I-8.4	Computer trajectory modeling	14
	I-8.5	Sensitivity mapping of the environment at risk	14
I-9	CONTINGENCY PLAN		15
I-10	DIFFERENT TECHNIQUES TO PREVENT OIL POLLUTION		16
	I-10.1	Chemical dispersants	16
	I-10.2	In situ burning method	17
	I-10.3	Mechanical method	18
I-11	BOOMS		24
I-12	LITERATURE REVIEW		27
I-13	THE PRESENT STUDY		39

I-14 PRESENT WORK OBJECTIVES 39
CHAPTER (II): THE EXPERIMENTAL SET UP AND PROCEDURE **41**
II-1 INTRODUCTION 41
II-2 GENERAL DESCRIBTION OF THE TEST-RIG 41
II-2.1 Main Tank 43
II-2.2 Electric Motor 43
II-2.3 Variable speed inverter 44
II-2.4 One speed pulley 44
II-2.5 U section beams 44
II-2.6 Shafts and bearings 44
II-2.7 Scrapers 45
II-2.8 Different disks 45
II-2.9 Compensating oil vessel 46
II-2.10 Disk inclination angle arrangement 47
II-2.11 Disks fixation arrangement 47
II-2.12 Disk skimmer arrangement arm 48
II-2.13 Scrapers and channels arm 48
II-2.14 Wood partition 48
II-2.15 Collecting and Calibrated Vessels 48
II-2.16 Drain valve 49
II-3 MEASURING DEVICES 49
II.3.1 Gradual scale ruler 49
II.3.2 Mechanical and optical tachometer 50
II.3.3 Digital balance 50
II.3.4 Density and viscosity measuring devices 50
II.3.5 Graduated Tubes 51
II.3.6 Stop Watch 51
II.3.7 Mercury Thermometer 51
II-3.8 Digital clamp meter 51
II-4 EXPERIMENTAL PROCEDURES 51
CHAPTER (III): EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION **73**
III-1 INTRODUCTION 73
III-2 EFFECT OF DISK ROTATIONAL SPEED ON THE OIL RECOVERY RATE (ORR) 73
III-3 EFFECT OF DISK DIAMETER ON THE OIL RECOVERY RATE (ORR) 74
III-4 EFFECT OF DISK INCLINATION ANGLE ON THE OIL RECOVERY RATE (ORR) 75
III-5 EFFECT OF OIL VISCOSITY ON THE OIL 79

RECOVERY RATE (ORR)
III-6 EFFECT OF SPILLED OIL FILM THICKNESS ON THE OIL RECOVERY RATE (ORR) 80
III-7 EFFECT OF DISK CENTER HEIGHT ABOVE OIL-WATER INTERFACE ON (ORR) 81
III-8 EFFECT OF DISK THICKNESS ON THE OIL RECOVERY RATE (ORR) 82
III-9 EFFECT OF DISK MATERIAL ON THE OIL RECOVERY RATE (ORR) 83
III-10 EFFECT OF DISK ROTATIONAL SPEED ON THE OIL RECOVERY EFFICIENCY 85
III-11 EFFECT OF DISK DIAMETER ON THE OIL RECOVERY EFFICIENCY (ORE) 85
III-12 EFFECT OF DISK INCLINATION ANGLE ON THE OIL RECOVERY EFFICIENCY (ORE) 86
III-13 EFFECT OF OIL VISCOSITY ON THE OIL RECOVERY EFFICIENCY (ORE) 87
III-14 EFFECT OF SPILLED OIL FILM THICKNESS ON THE OIL RECOVERY EFFICIENCY (ORE) 88
III-15 EFFECT OF DISK CENTER HEIGHT ABOVE OIL-WATER INTERFACE ON THE OIL RECOVERY EFFICIENCY (ORE) 88
III-16 EFFECT OF DISK MATERIAL ON THE OIL RECOVERY EFFICIENCY (ORE) 89
III-17 THE REQUIRED DRIVING POWER FOR DISK SKIMMER MOTOR 89
III-18 QUALITATIVE OBSERVATIONS 90
III-19 SUMMARY OF EXPERIMENTAL RESULTS 93
CHAPTER (IV): CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS FOR FUTURE WORK **173**
IV.1 CONCLUSIONS 173
IV.2 SUGGESTIONS FOR FUTURE WORK 175
REFERENCES 177
APPENDICES 183
APPENDIX (A) LIST OF OIL SPILLS 183
APPENDIX (B) UNCERTAINTY ANALYSIS 187

المستخلص العربى

فى الأونة الأخيرة، استخدم كاشط الزيت القرصى الدوار كواحد من أفضل الطرق وأكثرها فاعلية لكشط و ازالة بقع الزيت سواء مِنْ البحارِ المفتوحةِ أو مِنْ الخلجان الضحلةِ عن طريق القابلية للالتصاق بين سطح القرص و الزيت (oleophilic). و فى هذة الدراسة تم بحث أداء كاشط الزيت القرصى الدوار عمليا نظرا لأهميته الكبيرةِ في مكافحة بقع الزيت التى لهاُ العديد مِنْ الأثار السلبية الخطرةِ على الحياة البحريةِ والسواحل و السياحة والإقتصاد والرَيّ والملاحة و مياه الشرب الخ. وقد أجريت دراسة معملية بارامترية على العديد من متغيرات التصميم و ظروف التشغيل للقرص الكاشط للزيت و ذلك لدراسة تأثير هذة العوامل على أداء القرص الذى بدورة دالة فى معدل و كفاءة الاسترجاع الزيت و ذلك بهدف الوصول الى ظروف التصميم و التشغيل المثالية. وهذة المتغيرات تتضمن قطر, سمك, سرعة الدوران للقرص، سمك طبقة الزيت، نوع الزيت، إرتفاع مركزالقرص فوق السطح الفاصل بين الزيت و الماء، نوع مادة القرص وكذلك زاوية ميل القرص. و تم اجراء الإختبارات على جهاز معملى تم تصميمة وتنفيذة لعمل محاكاة لبقعة الزيت. عموما، أوضحت النتائج أن القرص الكاشط الدوارأداة فعالة لكشط واسترجاع الزيت فى حالة المياة الساكنة. بالاضافة لذلك فقد تمت دراسة بصرية للمساعدة فى فهم و تفسير السلوكيات والإتجاهات المتنوعة لطبقة الزيت و التى قد ظهرت علي نتائج الدراسة البارامترية، حيث وجد الأثنان علي قدر كبير من الأتفاق. عموما، لقد أوضحت النتائج اتفاق كبير مع نتائج الأبحاث السابقة فى هذا المجال.

CHAPTER (I)

INTRODUCTION AND LITERATURE REVIEW

CHAPTER (II)

THE EXPERIMENTAL SET UP AND PROCEDURE

CHAPTER (III)

EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION

CHAPTER (IV)

CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS FOR FUTURE WORK