NAURAL GAS RESERVOIR SIMULATION

Chaiwat Assawaphomthada

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
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University and Institut Français du Pétrole
2006

ISBN 974-9937-40-6

Thesis Title: Natural Gas Reservoir Simulation

By: Chaiwat Assawaphomthada

Program: Petroleum Technology

Thesis Advisors: Asst. Prof. Kitipat Siemanond
Prof. James O. Wilkes
Assoc. Prof. Chintana Saiwan
Dr. Rapeepong Suwanwarangkul

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

.... College Director
(Assoc. Prof. Nantaya Yanumet)

Thesis Committee:

....	....
(Asst. Prof. Kitipat Siemanond)	(Prof. James O. Wilkes)
....	....
(Assoc. Prof. Chintana Saiwan)	(Dr. Rapeepong Suwanwarangkul)
....	....
(Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit)	(Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon)

ABSTRACT

4773002063: Petroleum Technology Program
Chaiwat Assawaphomthada: Natural Gas Reservoir Simulation.
Thesis Advisors: Asst. Prof. Kitipat Siemanond, Prof. James O. Wilkes, Assoc. Prof. Chintana Saiwan, and Dr. Rapeepong Suwanwarangkul, 97 pp. ISBN 974-9937-40-6

Keywords: Finite different method/ Alternating-direction implicit method/ Finite element method/ FEMLAB software

Reservoir simulation is used to predict the amount of natural gas in a reservoir, the reservoir lifetime, the effects of reservoir uncertainties and continuity of pore space and fluids on production rate, and the well location. This thesis work was focused on the development of a validated two dimensions simulation model for a natural gas reservoir. The governing equations of the reservoir model are transient mass transport and Darcy's law. Two numerical methods, finite difference (FDM) and finite element (FEM), were applied to solve these equations. The reservoir model was initially assumed in regular, irregular and actual reservoir shapes. The model can investigate reservoir behavior such as pressure distribution, top-hole pressure, bottom well pressure and individual flow rate after natural gas withdrawal or injection with respect to time. At the same amount of grid blocks and elements from two numerical methods, FEM spent a little bit higher computation time than FDM. FEM predicted the reservoir pressure close to historical data, while the result from FDM was farther from historical data. The emphasis of the finite element method was placed on investigating the pressure profile in reservoir.

บทคัดย่อ

ชัยวัฒน์ อัศวพรหมธาดา : แบบจำลองแหล่งกักเก็บก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas Reservoir Simulation) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. กิติพัฒน์ สีมานนท์, ศ.ดร. เจมส์ โอ วิลส์, รศ. ดร. จินตนา สายวรรณ์ และ ดร. รพีพงศ์ สุวรรณวรางกูร 97 หน้า ISBN 974-9937-40-6

แบบจำลองแหล่งกักเก็บก๊าซธรรมชาติใช้สำหรับทำนายปริมาณก๊าซธรรมชาติ อายุของแหล่งกักเก็บ, ผลกระทบของความไม่แน่นอนของแหล่งกักเก็บและความต่อเนื่องของช่องว่างและของไหลที่มีต่ออัตราการผลิตก๊าซธรรมชาติและตำแหน่งของหลุมขุดเจาะ งานวิจัยนี้ทำการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองสองมิติของแหล่งกักเก็บก๊าซธรรมชาติ โดยใช้วิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรนเชียล และ วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับสมการหลักที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย สมการสมดุลมวล และ สมการของดาร์ซี่ ใช้ทำนายแหล่งกักเก็บรูปทรงสี่เหลี่ยม, รูปทรงอิสระ และ แหล่งกักเก็บจริง แบบจำลองที่ได้สามารถทำนายสภาวะต่างๆของแหล่งกักเก็บก๊าซธรรมชาติ ได้แก่ การกระจายของค่าความดัน, ความดันที่ปากหลุม, ความดันที่ก้นหลุม และอัตราการผลิตของแต่ละหลุม ภายหลังการผลิตและการเติม ณ เวลาต่างๆ เวลาที่ใช้ในการคำนวณของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะมากกว่าวิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรนเชียลเล็กน้อย ณ จำนวนบล็อกและเอลิเมนต์ที่เท่ากัน ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองนี้นำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจากแหล่งกักเก็บจริง พบว่า วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถคำนวณค่าความดันได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ACKNOWLEDGEMENTS

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

The author is Chaiwat Assawaphomthada, who is grateful for the partial scholarship and partial funding of thesis work provided by the Postgraduate Education and Research Programs in Petroleum and Petrochemical Technology (PPT Consortium) and The National Research Council of Thailand.

First, I grateful acknowledge Asst. Prof. Kitipat Siemanond, Dr. Rapeepong Suwanwarangkul, Prof. James O. Wilkes and Assoc. Prof. Chintana Saiwan for several enlightening 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 Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit, and Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon, who are also members of my thesis committee for their well-intentioned suggestions and comments, which are gratefully acknowledged.

I would like to take this opportunity to thank all The Petroleum and Petrochemical to College staff, who supported me throughout my thesis work and my friends for their friendly help, cheerfulness, and good relationship.

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

TABLE OF CONTENTS

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

LIST OF SYMBOLS

C	Conversion factor, $6.327*1e^{-3}$ $cP.ft^2/psi.day.md$.
D	Well diameter, ft.
f_F	Fanning fraction factor.
g	Gravitational acceleration, 32.2 ft/s^2 .
h	Vertical thickness of the gas storage field, ft.
k	Rock permeability, md.
L	Reservoir length, ft.
m, n	Number of grid division in x,y direction.
M	Mass withdraw rate of gas per unit volume, lb_m/ft^3 day.
MW	Molecular weight of gas, lb_m/lb mole.
p	Gas absolute pressure, psi.
p_{re}	Reservoir pressure, psi.
p_s	Standard pressure, psi.
p_w	Bottom well pressure, psi.
p_t	Well bore pressure, psi.
Q_i	Volume flow rate, MMSCFD.
Q_{in}	Gas injection rate, MMSCFD.
Q_w	Gas withdrawal rate, MMSCFD.
q_s	The volumetric flow rate per volume at standard condition, $days^{-1}$.
r_e	Equivalent radius of external boundary, ft.
r_w	Well radius, ft.
R	Gas constant.
R_p	Pore radius in reservoir rock, micrometer.
t	Time, days.
T_s	Standard temperature, °R.
T_{re}	Reservoir temperature, °R.
v_x, v_y	Superficial velocities in the x and y directions, respectively, ft/day.
W	Reservoir width, ft.
wd	Well depth, ft.

Z	Compressibility factor.
ε	Porosity of the rock formation.
Φ	Gas potential, $(psi)^2/cp$.
μ	Gas viscosity, cp.