

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์ คำย่อ และอักษรย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตงานวิจัย	2
นิยามศัพท์	2
การตรวจเอกสาร	5
สถานบริการก๊าซธรรมชาติ	5
การประเมินความเสี่ยง	16
ความน่าจะเป็น	21
การวิเคราะห์ฟอลท์ทรี	24
ความแตกต่างระหว่างไฟและการระเบิด	33
แบบจำลองสำหรับไอก๊าซ	36
แนวทางการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้น	41
อุบัติเหตุเกี่ยวกับก๊าซธรรมชาติและการศึกษาอุบัติเหตุ	46
อุปกรณ์และวิธีการ	50
ผลการวิจัยและวิจารณ์	55
สรุปและข้อเสนอแนะ	84
เอกสารอ้างอิงและสิ่งอ้างอิง	87
ภาคผนวก	90
ภาคผนวก ก การวิจัย	91
ภาคผนวก ข การคำนวณ โดย RMP* Comp Ver.1.07	144
ภาคผนวก ค ภาพแปลน ตารางแจกแจงลักษณะ แผนผังความเสี่ยง เปรียบเทียบผล	153
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	167

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบคุณสมบัติของ NG กับ LPG	8
2	การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ	18
3	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล	19
4	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน	19
5	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	19
6	การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน	20
7	การจัดระดับความเสี่ยง	20
8	สัญลักษณ์ ฟอลท์ทรี	28
9	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การชั่งอันตรายด้วยการวิเคราะห์ฟอลท์ทรี	29
10	ภาชนะบรรจุก๊าซที่สร้างตามมาตรฐาน ANSI/IAS NGV 2-1998	31
11	การเสียหายของภาชนะบรรจุก๊าซ	31
12	การแบ่งชั้นเสถียรภาพบรรยากาศสำหรับแบบจำลองการแพร่กระจาย	38
13	สมการที่แนะนำสำหรับสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย ปาสคิล-กิปฟอร์ด	38
14	ผลจากการแผ่รังสีความร้อน (Effects of Thermal Radiation)	39
15	ประมาณการความเสียหายสำหรับโครงสร้างพื้นฐานทั่วไปจากแรงดันเกิน	40
16	ความต้องการเสริมสำหรับการจำลองแบบ (40 CFR 68.2)	42
17	ข้อมูลสำหรับวัตถุไวไฟ	44
18	ผลการวิจัยความเสี่ยงเชิงคุณภาพ	49
19	สรุปผลการวิจัยของการเสียชีวิตจากไฟไหม้	49
20	ข้อมูลสำหรับวัตถุไวไฟ	58
21	ค่าความร้อนส่วนประกอบที่ผสมกัน HC_m , $W_m = 352.198$ kg ของ NG	58
22	ค่าความร้อนส่วนประกอบที่ผสมกัน HC_m , $W_m = 397$ kg ของก๊าซชีวภาพ	59
23	ผลการศึกษา วิเคราะห์และทบทวนการดำเนินงานด้วยวิธีกึ่งปริมาณ	61
24	สรุปผลการหาค่าเฉลี่ยความเสียหายต่อปี	80
25	สรุปผลการคำนวณหาผลกระทบ	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก 1	ข้อมูลจากแบบแจ้งรายละเอียดของสารเคมีอันตราย	105
ก 2	ข้อมูลส่วนประกอบก๊าซธรรมชาติ เมื่อวันที่ 26 พฤศจิกายน 2547	106
ก 3	น้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบในก๊าซธรรมชาติ	107
ก 4	ผลการคำนวณหามวลโมเลกุล	107
ก 5	ผลการวิเคราะห์ก๊าซตัวอย่างจากพื้นที่ฝังกลบขยะกำแพงแสน	111
ก 6	ผลการวิเคราะห์เพื่อหาน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซชีวภาพ	111
ก 7	ข้อมูลสำหรับวัตถุไวไฟ	112
ก 8	ค่าความร้อนส่วนประกอบที่ผสมกัน HC_m , $W_m = 352.198$ kg ของ NG	112
ก 9	ค่าความร้อนส่วนประกอบที่ผสมกัน HC_m , $W_m = 397$ kg ของก๊าซชีวภาพ	113
ก 10	แบบบัญชีรายการสิ่งที่เป็นอันตราย การจัดลำดับความเสี่ยง	114
ก 11	ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงาน ด้วยวิธีกึ่งปริมาณ	118
ข 1	ข้อกำหนดกรณีเหตุการณ์รั่วไหลร้ายแรง	144
ข 2	กรณีเหตุการณ์รั่วไหลทางอื่น	144
ข 3	สรุปผลการใช้โปรแกรม Rmp* Comp Ver.1.07	152
ค 1	การแจกแจงคุณลักษณะสถานีบริการก๊าซธรรมชาติรถยนต์	156
ค 2	ข้อมูลอัตราการเสียหายของส่วนประกอบ	161
ค 3	เปรียบเทียบผลการคำนวณ	166

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของสถานบริการก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย	14
2	ลักษณะทั่วไปของรถขนส่งก๊าซ	15
3	ลักษณะทั่วไปของสถานบริการก๊าซธรรมชาติในต่างประเทศ	15
4	ภาพตรรกะจาก Guidelines for Hazard's Evaluation Procedures: AIChE	17
5	แบบบัญชีรายการความเสี่ยง	18
6	ส่วนประกอบเชื่อมกันและการคำนวณฟลอร์ทรี	23
7	รายละเอียดฟลอร์ทรีเมื่อแบบ	25
8	แสดงฟลอร์ทรีของไมโครซอฟท์วิสิโอ	30
9	เหตุการณ์ก๊าซรั่ว	32
10	รถยนต์ใช้ก๊าซธรรมชาติระเบิด	46
11	รถพ่วงขนส่งก๊าซธรรมชาติไฟไหม้	47
12	ขั้นตอนการประเมินอันตรายจากความเสี่ยง	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ก 1	สถานีบริการสวัสดิการรถไฟ (ถนนกำแพงเพชร 2)	99
ก 2	แผนที่สถานีบริการสวัสดิการรถไฟ (ถนนกำแพงเพชร 2)	100
ก 3	ถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบ ASME ขนาดความจุ 1,200 ลิตร	100
ก 4	รถขนส่งก๊าซแบบติดตั้งถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบ ANSI/AGA NGV 2	102
ก 5	รถยนต์โดยสารประจำทางที่ใช้ก๊าซธรรมชาติของขนส่งมวลชนกรุงเทพ	102
ก 6	รถยนต์โดยสารรับจ้างที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ	103
ก 7	ระบบเครื่องสูบล้อจะบรรจุก๊าซเข้าถังก๊าซรถยนต์เป็น 3 จังหวะ	103
ก 8	ตู้จ่ายก๊าซ (Dispenser) ชนิด 2 หัวจ่าย	104
ก 9	ตาราง Z Factor	108
ก 10	แผนผังพล็อตที่รีจากข้อมูลต่าง ๆ	119
ก 11	การรวมแผนผังพล็อตที่รีจากข้อมูลที่คำนวณ	121
ข 1	โปรแกรม Rmp* Comp Ver.1.07	145
ข 2	การเลือกประเภทการรั่วไหลที่ซับซ้อน	145
ข 3	การเลือกเหตุการณ์	146
ข 4	การเลือกสถานะของสารไวไฟ	146
ข 5	ป้อนข้อมูลปริมาณการรั่วไหล = 352.198 กิโลกรัม	147
ข 6	ผลกระทบที่เกิดแรงดันเกิน ที่ 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว = 120 เมตร	147
ข 7	การเลือกการรั่วไหล โดยเลือกการติดไฟจากหมอกไอก๊าซ (VCF)	148
ข 8	เลือกการประมาณการรั่วไหล ป้อนข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	148
ข 9	เลือกชนิดอุบัติเหตุโดยให้ในเมือง (มีสิ่งกีดขวาง)	148
ข 10	ผลกระทบที่อยู่ใน LFL = 5 % ซึ่งสามารถทำให้เกิดเพลิงไหม้ = 200 m	149
ข 11	เลือกการระเบิดแบบ (VCE) จากเหตุการณ์ทางเลือก (Alternative)	149
ข 12	ป้อนค่าที่และคำนวณหาอัตรารั่วไหล ได้ 11.0 กิโลกรัมต่อวินาที	150
ข 13	หาระยะเวลารั่วไหล = 0.53 วินาที	150
ข 14	ผลกระทบที่เกิดแรงดันเกิน ที่ 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว = 80 เมตร	150
ข 15	การเลือกแบบการรั่วไหลแบบ BLEVE	151

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข 16	การป้อนข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงหรือลูกไฟ	151
ข 17	ได้ระยะทางประมาณลูกไฟที่สัมผัส = 70 m	152
ค 1	แผนผังบริเวณ สถานีบริการสวัสดิการรถไฟ (ถนนกำแพงเพชร 2)	154
ค 2	แผนผังบริเวณภายใน สถานีบริการสวัสดิการรถไฟ (ถนนกำแพงเพชร 2)	155
ค 3	ภาพแผนผังความเสี่ยงการเกิด BLEVEs or Fireball ที่ความสูง 1000 ฟุต	162
ค 4	ภาพแผนผังความเสี่ยงการเกิด Vapour Cloud Explosion ที่ความสูง 2000 ฟุต	163
ค 5	ภาพแสดงความเสี่ยงการเกิด Vapour Cloud Fire ที่ความสูง 10,035 ฟุต	164
ค 6	ภาพความเสี่ยงการเกิด TLV 5000 ppm ที่ความสูง 39,178 ฟุต	165

คำอธิบายสัญลักษณ์ คำย่อและอักษรย่อ

คำอธิบายสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่รู้ (ความยาว ²)
C_0	=	สัมประสิทธิ์การไหล
C_{PPM}	=	ค่าความเข้มข้นในล้านส่วน (ปริมาตร/ปริมาตร)
$C(x, y, z)$	=	ค่าความเข้มข้นในลูกคลื่นต่อเนื่องตามฟังก์ชันของ x, y, z
$C(x, y, z)$	=	ค่าความเข้มข้นในตำแหน่งที่จะหา (มวล/ความยาว ³)
D	=	ระยะแรงระเบิด (ความยาว)
F	=	ความน่าเป็นที่จะเกิดความเสียหายของอุปกรณ์
$F(t)$	=	ความน่าเป็นของความเสียหายในช่วงเวลา t
g_c	=	ค่าคงตัวความโน้มถ่วง (ความยาว มวล/แรง/เวลา ²)
H_c	=	ค่าความร้อนการเผาไหม้ (J/kg)
H_r	=	ความสูงของจุดที่ระบาย (ความยาว)
HC_f	=	ค่าความร้อนการเผาไหม้ของวัตถุไวไฟ (kJ/kg)
HC_m	=	ค่าความร้อนการเผาไหม้ของที่ผสมกัน (kJ/kg)
HC_{TNT}	=	ค่าความร้อนของการระเบิดของไตรไนโตรโทลูอิน (TNT)
HC_x	=	ค่าความร้อนการเผาไหม้ของส่วนประกอบ “x” (kJ/kg)
HC_y	=	ค่าความร้อนการเผาไหม้ของส่วนประกอบ “y” (kJ/kg)
L	=	ระยะจากศูนย์กลางลูกไฟถึงปลายสุด (ความยาว)
M	=	มวลโมเลกุล (มวล/โมล)
m_f	=	มวลของเชื้อเพลิงในลูกไฟ (มวล)
n	=	จำนวนของส่วนประกอบ
n	=	จำนวนโมลของก๊าซ, (มวล โมล)
P	=	ความดันบรรยากาศ (แรง/พื้นที่)
P_0	=	ความดันสมบูรณ์ (แรง/พื้นที่)
Q_m	=	แหล่งกำเนิด (มวล/เวลา)
$(Q_m)_{choked}$	=	อัตราไหลของก๊าซที่ผ่านรูรั่ว (มวล/เวลา)
q	=	ความรุนแรงการแผ่รังสี (W/m^2)

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

R	=	ส่วนของการแผ่รังสีของค่าความร้อนการเผาไหม้
R	=	คือค่าคงที่ของก๊าซ
R_g	=	ค่าคงที่ของก๊าซ (ความยาว ³ บรรยากาศปกติ/โมล องศา)
T	=	อุณหภูมิสมบูรณ์ (องศาสมบูรณ์)
t	=	เวลา (ปี)
t_c	=	ระยะเวลาระหว่างการเผาไหม้ (วินาที)
u	=	ความเร็วกระแสลม (ความยาว/เวลา)
V	=	ปริมาตร
W_f	=	น้ำหนักของวัตถุไวไฟ (kg or lb)
W_m	=	ผลรวมน้ำหนักของส่วนผสม (kg or lb)
W_x	=	น้ำหนักของส่วนประกอบ “x” ในส่วนผสม (kJ/kg)
W_y	=	น้ำหนักของส่วนประกอบ “y” ในส่วนผสม (kJ/kg)
z	=	ความสูงของศูนย์กลางลูกคว้น
z	=	ค่าคงที่การยุบตัวของก๊าซ
γ	=	อัตราส่วนค่าความร้อนจำเพาะ
μ	=	จำนวนความเสียหายต่อปีหรือต่อรอบ
π	=	3.14
σ_x	=	สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายด้านหน้า (ความยาว)
σ_y	=	สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายด้านข้าง (ความยาว)
τ_a	=	ค่าสัมประสิทธิ์บรรยากาศที่ส่งผ่าน

คำอธิบายคำย่อและอักษรย่อ

ปตท.	=	การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)
AGA	=	American Gas Association
AIChE	=	American Institute of Chemical Engineers
ANSI	=	American National Standards Institute
ASME	=	American Society of Mechanical Engineers
BLEVE	=	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
BS	=	British Standard
CFR	=	Code of Federal Regulations
CNG	=	Compressed Natural Gas
DOT	=	U.S. Department of Transport
EPA	=	U.S. Environmental Protection Agency
FEMA	=	U.S. Federal Emergency Management Agency
FTA	=	Fault Tree Analysis
ISO	=	International Standard Organization
LFL	=	Lower Flammability Limit
LNG	=	Liquefied Natural Gas
LPG	=	Liquefied Petroleum Gas
MTBF	=	Mean Time Between Failures
MTTF	=	Mean Time to Failures
NA	=	Not Available
NFPA	=	National Fire Protection Association
NG	=	Natural Gas
NGV	=	Natural Gas Vehicle
RON	=	Research Octane Number
PFDs	=	Process Flow Diagrams
P&IDs	=	Piping and Instrument Diagrams
SAE	=	Society of Automotive Engineers
SFPE	=	Society of Fire Protection Engineers

คำอธิบายคำย่อและอักษรย่อ (ต่อ)

TLV	=	Threshold Limit Value
UFL	=	Upper Flammability Limit
VCE	=	Vapour Cloud Explosion
VCF	=	Vapour Cloud Fire