บทที่ 2

เอกสารและผลงานวิจัยในอดีต

การศึกษาเอกสารและผลงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมา ซึ่งเกี่ยวข้องหรือเกี่ยวพันกับวิทยานิพนธ์นี้ สามารถได้ข้อสรุปดังนี้

George T. Tamura (1991) [1]

ได้ศึกษาถึงการกำหนดอัตราการไหลของอากาศที่จำเป็นต้องใช้ในการป้องกันควันเข้ามายังช่องบันไดหนีไฟของหน่วยงานต่างๆ โดยเฉพาะในกรณีที่มีการเปิดประตูหนีไฟ เช่น จากงานวิจัยของ ASHRAE ได้ทำการศึกษาหาอัตราการไหลของอากาศในช่องบันไดหนีไฟเพื่อป้องกันควันจากเพลิงไหม้ โดยทดสอบในตึก 10 ชั้น พบว่าอัตราการไหลที่ต้องการในการป้องกันควัน คือ 3.5 m^3/s (7380 CFM) และความเร็วของอากาศต้องไม่ต่ำกว่า 1.8 m/s (350 fpm) ที่อุณหภูมิเพลิงเท่ากับ 300°C (570°F) และ 4.3 m^3/s (9200 CFM) ที่อุณหภูมิเพลิงเท่ากับ 580°C (1076°F) ในการทดสอบนี้คิดในกรณีที่มีหน้าต่างแตกด้วยโดยการใช้ช่องเปิดขนาด 0.9 m^2 (10 ft^2) ในขณะที่ Supplement to the National Building Code of Canada กำหนดว่าอัตราการจ่ายลมต่ำสุดควรจะเท่ากับ 4.7 m^3/s (10000 CFM) และบวกเพิ่มอีก 0.09 m^3/s (200 CFM) ต่อชั้น จากตัวอย่างดังกล่าว Tamura พบว่าเกณฑ์กำหนดของแต่ละหน่วยงานจะแตกต่างกันไป เช่น บางเกณฑ์กำหนดจะกำหนดว่าในขณะที่ประตูเปิดระบบควบคุมความดันในช่องบันไดหนีไฟจะต้องรักษาความดันไว้ให้ได้ตามที่กำหนด หรือบางเกณฑ์กำหนดอาจจะกำหนดความเร็วของอากาศบริเวณประตูเปิด แต่เกณฑ์กำหนดส่วนใหญ่มักจะกำหนดค่าผลต่างความดันสูงสุดและต่ำสุดในช่องบันได การที่เกณฑ์กำหนดแต่ละเกณฑ์กำหนดมีข้อกำหนดต่างกัน Tamura ให้เหตุผลว่า ส่วนหนึ่งเป็นเพราะขาดข้อมูลจากการทดลองใช้งานจริงและสภาวะในการทดสอบก็ต่างกัน แต่การวัดความเร็วของอากาศที่บริเวณประตูเปิดแล้วนำมาเปรียบเทียบกับความเร็วของอากาศตามข้อกำหนดก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยในการออกแบบและติดตั้งระบบควบคุมควันในช่องบันไดหนีไฟได้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

G.T.TAMURA , J.H. McGUIRE และ A.G.WILSON (1970) [2]

ได้อธิบายถึงปรากฏการณ์ลมลอยตัว (stack effect) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นในบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ว่าจะทำให้เกิดผลต่างของความดันระหว่างด้านบนกับด้านล่างของประตูหนีไฟได้ถึง 12.5 พาสคัล(0.05 นิ้ว WG.) ความดันด้านบนสูงกว่าด้านล่างส่งผลให้ควันสามารถไหลผ่านรอยรั่วบริเวณด้านบนของประตูได้ วิธีป้องกันคือ การอัดอากาศเข้าไปในช่องบันไดหนีไฟเพื่อให้ความดันภายในช่องบันไดสูงกว่าความดันในอาคาร นอกจากนี้ยังอธิบายถึงผลต่างความดันระหว่างประตูหนีไฟว่าควรมีขนาดไม่เกิน 100 พาสคัล (0.4 นิ้ว WG.) เมื่อประตูมีขนาด 1.9 m^2 (20 ft^2) ซึ่งจะทำให้แรงสูงสุดที่ใช้ในการเปิดประตูหนีไฟไม่เกิน 133 นิวตัน (30 ปอนด์)

C.Y. SHAW และ G.T.TAMURA (1976) [3]

ได้เสนอวิธีการออกแบบระบบควบคุมความดันภายในช่องบันไดหนีไฟแบบหนึ่ง ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1). คำนวณอัตราการจ่ายลม โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$Q = 15{,}000 + 200N \qquad \ldots\ldots (2.1)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการจ่ายลม (CFM)

N คือ จำนวนชั้นของอาคาร

ที่มา Measures for Fire Safety in High Buildings. Issued by the Associate Committee on the National Building Code, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada1973 (NRCC 13366)

2). ติดตั้งหัวจ่ายลมทุก ๆ 5 ชั้น

3). ติดตั้งช่องระบายอากาศด้านบนของช่องบันไดหนีไฟไว้ใช้ระบายอากาศในกรณีที่ผลต่างความดันภายในช่องบันไดสูงเกินไป

ระบบที่ได้รับการออกแบบในลักษณะนี้จะมีประสิทธิภาพในการควบคุมความดันในช่องบันไดในกรณีที่ประตูหนีไฟในชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ปิด ส่วนประตูหนีไฟในชั้นอื่นๆ จะเปิดหรือปิดอย่างไรก็ได้ ถ้าหากในชั้นที่เกิดเพลิงไหม้มีช่องระบายอากาศสู่ภายนอก (อาจจะติดตั้งเอาไว้หรือเกิดจากหน้าต่างแตก) ก็จะช่วยลดปริมาณของควันที่จะเข้ามายังช่องบันไดได้มาก และยังพบว่าถ้าหากเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นมีอุณหภูมิต่ำ (อาจเนื่องจากการใช้หัวกระจายน้ำดับเพลิง (sprinkler) ช่วยลดอุณหภูมิ) ก็จะช่วยลดปริมาณของควันที่จะเข้ามายังช่องบันไดหนีไฟได้เช่นกัน ในกรณีที่ใช้หัวจ่ายลมเพียงหัวเดียว ควรจะติดตั้งหัวจ่ายไว้ชั้นบนสุดของอาคาร ที่ไม่ติดตั้งด้านล่างเพราะอากาศที่จ่ายจะไหลออกไปทางประตูทางออกด้านล่างจำนวนมากทำให้อากาศไหลขึ้นด้านบนลดลง และไม่สามารถควบคุมผลต่างความดันด้านบนของอาคารได้ นอกจากนี้ยังแนะนำถึงหลักในการติดตั้งพัดลมอัดอากาศ (กรณีที่ใช้พัดลมตัวเดียว) ว่าควรติดตั้งไว้ด้านล่างสุดเพราะ

- สามารถติดตั้งหม้อแปลง ตัวจ่ายไฟ และดูแลรักษาได้สะดวก
- ในการเริ่มเดินเครื่องพัดลมจะทำได้ง่ายเพราะมีปรากฏการณ์ลมลอยตัวช่วยในการดึงลมเข้ามา ในกรณีที่อากาศภายนอกเย็น
- กรณีที่พัดลมเกิดขัดข้องในช่วงฤดูหนาว ปรากฏการณ์ลมลอยตัวจะช่วยดึงอากาศจากภายนอกผ่านระบบหัวจ่ายเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟ
- อากาศที่ดึงเข้ามาใช้จะมีปริมาณควันปนเปื้อนน้อย เพราะควันจะลอยขึ้นด้านบน

ศ.ดร.วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ (พ.ศ.2540) [4]

อธิบายถึงหลักการออกแบบระบบควบคุมความดันในช่องบันไดหนีไฟว่ามีตัวแปรสำคัญที่ต้องพิจารณาอยู่ 4 ตัวแปร คือ ความดันต่ำสุดในช่องบันได ความดันสูงสุดในช่องบันได อัตราการจ่ายลมที่พอเหมาะ วิธีการจ่ายลมและควบคุมความดัน โดยอัตราการจ่ายลมให้ช่องบันไดหนีไฟขึ้นอยู่กับตัวแปร 3 ตัว คือ

- อัตราการรั่วของลมออกไปตามขอบประตู
- อัตราการไหลของลมเข้าไปภายในอาคารขณะเปิดประตูกว้าง
- จำนวนประตูที่คาดว่าจะเปิดในช่วงเวลาเดียวกัน

นอกจากนี้ยังบรรยายถึงข้อมูลที่ได้จากการศึกษางานที่ผ่านมา พบว่าค่าความแตกต่างของความดันต่ำสุดในขณะที่ประตูหนีไฟเปิดกว้างไม่ควรจะน้อยกว่า 25 พาสคัล (0.1 นิ้ว WG.) จึงจะสามารถป้องกันการแพร่ของควันเข้าไปในช่องบันไดหนีไฟได้อย่างมีประสิทธิผล และความดัน

แตกต่างระหว่าง 2 ด้านของประตูหนีไฟไม่ควรจะทำให้ต้องใช้แรงในการเปิดประตูสูงกว่า 130 นิวตัน (29 ปอนด์)

MENG LUN CHEN (1986) [5]

ได้ทำการสรุปรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบควบคุมความดันภายในช่องบันไดหนีไฟที่ได้ถูกออกแบบ ทดสอบและศึกษาในช่วงปี 1981 ถึง 1984 พบว่าการควบคุมผลต่างความดันระหว่างประตูหนีไฟขึ้นอยู่กับตัวแปรสำคัญ 3 ตัวแปร คือ

1. ปรากฏการณ์ลมลอยตัว (Stack effect) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในช่องบันไดหนีไฟกับภายในอาคาร และผลต่างความดันที่เกิดจากปรากฏการณ์นี้จะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความสูงของอาคาร
2. การสูญเสียความดัน (Pressure loss) เมื่ออากาศเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของช่องบันไดหนีไฟมักจะเกิดการสูญเสียความดันเสมอ
3. ทิศทางการไหลของอากาศ (Air flow direction) ซึ่งจะสัมพันธ์กับตำแหน่งของประตูที่เปิด

อันที่จริงลมก็มีผลต่อความดันภายในอาคารด้วย แต่ถ้าตั้งสมมติฐานว่าผลจากลมบนอาคารในแนวดิ่งมีความสม่ำเสมอแล้วก็สามารถไม่นำมาพิจารณาได้

JOHN H. KLOTE (1992) [6]

อธิบายถึงวิธีการออกแบบระบบควบคุมความดันภายในช่องบันไดหนีไฟ โดยเฉพาะชั้นที่เกิดไฟไหม้จะต้องถูกออกแบบให้ระบบสามารถรักษาผลต่างความดันระหว่างประตูหนีไฟไว้ให้เพียงพอที่จะไม่ทำให้ควันแทรกซึมเข้ามายังช่องบันไดหนีไฟได้ โดยในชั้นนี้ประตูหนีไฟจะถูกปิดไว้ และพัดลมของระบบปรับอากาศควรจะติดตั้ง แดมเปอร์ (damper) ซึ่งควบคุมโดยใช้ตัวตรวจวัดผลต่างความดัน (differential pressure sensor) และยังพบว่าการเปิดประตูทางออกจากช่องบันไดหนีไฟไปยังภายนอกจะทำให้ความดันในช่องบันไดหนีไฟลดลงมากกว่าการเปิดประตูหนีไฟ เพราะว่าอากาศสามารถไหลออกสู่ภายนอกได้โดยตรงและอากาศที่ไหลผ่านประตูทางออกจะมีปริมาณ 3 ถึง 10 เท่า ของอากาศที่ไหลผ่านประตูหนีไฟ

สำหรับอาคารที่มีผู้อาศัยจำนวนมาก การออกแบบระบบควบคุมความดันในช่องบันไดหนีไฟจำเป็นจะต้องคำนึงถึงการเปิดประตูหนีไฟพร้อมๆ กันหลายบาน

WILLIAM A. WEBB (1995) [7]

บรรยายถึงการติดตั้งหัวจ่ายอากาศในช่องบันไดหนีไฟในลักษณะต่างๆ กันดังนี้

- การติดตั้งหัวจ่ายด้านบน จากการศึกษาของ FUNG[11] อากาศจะถูกจ่ายเข้าไปยังช่องบันไดจากทางด้านบนของช่องบันได และจะเพิ่มขึ้นอีก 47 L/S (100 CFM) ต่อชั้น โดยประตูแต่ละบานจะต้องมีเส้นกรอบรูปไม่เกิน 6 m (20 ft) ช่องบันไดจะต้องมีช่องเปิดระบายอากาศสู่ภายนอกที่ด้านล่างของช่องบันได และช่องเปิดนี้ควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 0.05 m^2 (0.3 ft^2) แต่ไม่ควรเกิน 1.9 m^2 (20 ft^2) การติดตั้งหัวจ่ายลักษณะนี้สามารถทำให้ช่องบันไดปลอดควันได้แต่จะต้องอัดอากาศปริมาณมากและอากาศที่อัดเข้าไปจะต้องมีความเร็วสูงซึ่งจะทำให้เกิดเสียงดังมาก นอกจากนี้ยังส่งผลต่อแรงที่ใช้ในการเปิดประตูหนีไฟ เนื่องจากผลต่างความดันที่ประตูบางบานสูงเกินไป
- การติดตั้งหัวจ่ายด้านล่าง จากข้อมูลของ Polytechnic Institute of Brooklyn Center for Urban Environmental Studies[12] สรุปว่า ทิศทางการไหลของอากาศในช่องบันไดหนีไฟควรจะมีทิศขึ้นเพื่อช่วยป้องกันการแพร่ของควันไปทางด้านล่างของช่องบันไดในกรณีที่ควันสามารถแทรกซึมเข้ามาได้ และช่องระบายอากาศควรติดตั้งด้านบนสุดของช่องบันได จากข้อมูลพบว่าเมื่อมีการเปิดประตูหนีไฟพร้อมกันเกิน 3 บาน จะเกิดปัญหากับระบบควบคุมควัน การติดตั้งลักษณะนี้จะก่อให้เกิดปัญหาในการเปิดประตูหนีไฟเช่นเดียวกับการติดตั้งหัวจ่ายด้านบน
- การติดตั้งหัวจ่ายด้านล่าง แต่ช่องบันไดหนีไฟมีห้องกั้นระหว่างช่องบันไดกับอาคาร (vestibule) ซึ่งห้องนี้ถูกควบคุมความดันด้วย จากข้อมูลของ ZIN, BANKSTON,CASSANOVA,POWELL และ KOPLON [13] พบว่าผลต่างความดันที่สามารถป้องกันควันเข้ามายังช่องบันไดได้ในกรณีที่ประตูทุกบานปิด คือ 37.5 พาสคัล (0.15 นิ้ว WG.) และใช้ได้ในกรณีที่มีการเปิดประตูหนีไฟพร้อมกันไม่เกิน 3 บาน

ในกรณีที่มีการเปิดประตูหนีไฟในชั้นที่เกิดเพลิงไหม้ อากาศที่จ่ายเข้าไปยังช่องบันไดหนีไฟจะช่วยป้องกันควันแทรกซึมเข้ามาได้ในระยะเวลาหนึ่ง (หลายนาที)

หน่วยงานหลายๆ แห่งได้กำหนดส่วนประกอบที่จำเป็นในการออกแบบระบบควบคุมควันในอาคารสูงไว้ดังนี้

- BOCA[14] กำหนดให้มีหัวจ่ายดับเพลิง (sprinkler) ระบบควบคุมความดันในช่องบันไดหนีไฟ ระบบระบายอากาศ
- ICBO[15] กำหนดคล้ายกันเพียงแต่ว่าช่องบันไดหนีไฟจะต้องมีห้องกั้นระหว่างอาคารกับช่องบันได

จุดมุ่งหมายหลักในการออกแบบระบบควบคุมความดันในช่องบันไดก็เพื่อทำให้เกิดสภาวะที่ปลอดภัยในการใช้เป็นทางหลบหนี