

การคำนวณน้ำหนักบรรทุกทุกการวิ่งขึ้นและร่อนลงของเครื่องบิน แบบ B737-800 ก่อนปฏิบัติการบิน Takeoff and Landing Weight Calculation for B737-800 Aircraft before Flight Operation

เขมณัฐ อำนวยวรชัย¹ ประวิทย์ วงศ์วิวัฒน์¹ และ ปราชญ์ชิต คงสมบูรณ์¹
Khemmanat Aumnaiworachai¹, Pravith Vongviwat¹ and Pratchanit Kongsomboon¹

¹คณะการบิน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Aviation, Eastern Asia University

Received: December 14, 2020

Revised: February 14, 2021

Accepted: March 1, 2021

บทคัดย่อ

ก่อนการปฏิบัติการบินเพื่อการขนส่งผู้โดยสารและสินค้าสิ่งสำคัญที่สุดที่ต้องคำนึงถึง นั่นคือ ความปลอดภัย ซึ่งเริ่มตั้งแต่สนามบินต้นทาง ระหว่างทาง จนกระทั่งถึงสนามบินปลายทาง ดังนั้น ทุกเที่ยวบินก่อนทำการบิน จะต้องมีการวางแผนการบินก่อนปฏิบัติการบิน โดยขั้นตอนที่มีความสำคัญ ได้แก่ การวางแผนคำนวณน้ำหนักบรรทุกทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและการร่อนลง โดยปกติประสิทธิภาพของเครื่องบินที่จะรับน้ำหนักบรรทุกทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและทำการร่อนลงขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความยาวทางวิ่ง สภาพพื้นผิวและความหนาแน่นทางวิ่ง ปริมาณการรับน้ำหนักสูงสุดตามโครงสร้างของอากาศยาน เป็นต้น ดังนั้นบทความนี้จะขอกล่าวถึงวิธีการคำนวณน้ำหนักบรรทุกทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและร่อนลงสำหรับเครื่องบิน B737-800 ด้วยวิธีที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบินและวิธีที่ใช้ผลคำนวณจากโปรแกรมทางผู้ผลิตเครื่องบิน โดยพิจารณาจากปัจจัยที่มีอุปสรรคต่อสมรรถนะอากาศยาน เช่น น้ำหนักจำกัดตามความยาวทางวิ่ง น้ำหนักจำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น เป็นต้น ซึ่งวิธีการทั้งสองให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกัน ซึ่งในปัจจุบันบริษัทสายการบินส่วนใหญ่ใช้วิธีการคำนวณจากโปรแกรมผู้ผลิตเนื่องจากประหยัดเวลาในการคำนวณและมีความถูกต้องแม่นยำสูง แต่โปรแกรมผู้ผลิตพัฒนาขึ้นมีราคาสูงจึงทำให้สายการบินใช้วิธีการขอรับบริการใช้โปรแกรมเป็นครั้ง ๆ ไปแทน ดังนั้นการคำนวณด้วยวิธีที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบินก็ยังมีประโยชน์อยู่เมื่อเกิดปัญหาการเปลี่ยนตัวแปรที่จะจำกัดน้ำหนักบรรทุกเพียงบางตัวพนักงานอำนวยความสะดวกการบินก็ยังสามารถคำนวณด้วยตนเองได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายที่จะต้องไปขอรับบริการจากผู้ผลิต

คำสำคัญ: การวางแผนการบิน การอำนวยความสะดวกการบิน การวางแผนน้ำหนักบรรทุกทุก

Abstract

The most important priority of any flight operations for passengers and cargo transportation, which starts from the departure airport to the destination airport, is safety. Therefore, pre-flight plans must accurately plan before any flight operations. The crucial steps prioritize such as pre-flight planning for takeoff and landing weight calculation. Normally, an aircraft's weight performance for takeoff and landing depends on several factors, such as runway length, surface condition, and runway density, and the maximum load capacity according to the aircraft's structure. Hence, this article will discuss how to calculate the weight of B737-800 aircraft for takeoff and landing with a non-programmed method from the aircraft manufacturer and a method using the results calculated from the aircraft manufacturer's program. These methods are considered by several factors that impede the aircraft competency, for example, runway length limit weight, takeoff obstacles limit weight. Both methods are consistent results. Nowadays, most airline companies use the calculation method from the aircraft manufacturer's program because it saves more time and provides high accuracy. However, the program costs a high price. By this means, the program has been occasionally requested for services by many airlines. On the other hand, unprogrammed calculations from the aircraft manufacturer are still necessary in case there are some problems with changing some weight limit variables. Instead of waiting for another program, flight operators are able to calculate it manually without any payment for the service from the manufacturer's program.

Keywords: pre-flight planning, flight operations, weight load planning



บทนำ

ปัจจุบันการขนส่งทางอากาศไม่จะเป็นการขนส่งผู้โดยสารหรือการขนส่งสินค้าเป็นการขนส่งที่มีความสำคัญและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเพราะทำการขนส่งได้รวดเร็วว่าการขนส่งประเภทอื่น ๆ ด้วยปัจจัยสำคัญที่ผลักดันให้การขนส่งทางอากาศเติบโต ได้แก่ แนวโน้มการเติบโตทางเศรษฐกิจ การเมือง สังคม และการแข่งขันทางการค้าในโลกยุคใหม่ที่มุ่งเน้นความเร็ว สะดวกสบาย และปลอดภัย ประกอบกับองค์กรที่ทำธุรกิจด้านการบินได้เดินทางพัฒนาอุตสาหกรรมการบินอย่างครบวงจร ทั้งการยกระดับสนามบินเดิม สร้างสนามบินใหม่เพื่อรองรับผู้ใช้บริการที่เพิ่มขึ้นต่อเนื่อง กอปรกับความนิยมของผู้ใช้บริการทางอากาศได้ขยายตัวอย่างกว้างขวางทำให้การเติบโตของการบินเชิงพาณิชย์ได้ขยายตัวเพิ่ม

มากขึ้น พร้อมทั้งด้านผู้ผลิตเครื่องบินมีการใช้เครื่องบินไอพ่นในด้านการบินเชิงพาณิชย์ต้องเพิ่มความเร็วในการเดินทาง รวมทั้งเพิ่มจำนวนที่นั่งผู้โดยสาร และน้ำหนักสินค้ามากขึ้น จึงทำให้การบินเชิงพาณิชย์เป็นที่นิยมจึงนับได้ว่าธุรกิจการบินนับวันจะมีความสำคัญต่อการขนส่งผู้โดยสารและสินค้าทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศมากขึ้นและมีการพัฒนาไปอย่างไม่หยุดยั้ง (Ayasanond, n.d.) แต่สิ่งสำคัญที่สุดก่อนการปฏิบัติการบินเพื่อการขนส่งผู้โดยสารและสินค้า สิ่งที่ต้องคำนึงถึง ก็คือ ความปลอดภัย จะต้องมาเป็นอันดับหนึ่งตั้งแต่ สนามบินต้นทางระหว่างทางจนกระทั่งไปถึงสนามบินปลายทาง โดยนักบินที่รับผิดชอบเที่ยวบินนั้น ๆ ร่วมกับพนักงานอำนวยการบินได้ร่วมกันวางแผนการบินโดยคำนึงถึงหลักนำไปสู่ความปลอดภัยในการบินแต่ละเที่ยวบิน เช่น การวางแผนน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นก่อนการปฏิบัติการบิน (takeoff

performance pre-flight planning) ของเครื่องบินที่สามารถจะรับได้ ภายใต้ข้อกำหนดกฎเกณฑ์ที่ถูกต้องและปลอดภัยในขณะที่ทำการวิ่งขึ้นและทำการลงสู่สนามบินปลายทาง (Vongviwat, 2014) ซึ่ง Zhu, Wang, Chen and Wu (2016) ได้กล่าวว่าการวิ่งขึ้นและร่อนลงเป็นช่วงเวลาที่สำคัญเป็นช่วงที่มักเกิดอุบัติเหตุบ่อย จึงได้มีการวิจัยเกี่ยวกับการคำนวณน้ำหนักบรรทุกการวิ่งขึ้นและร่อนลงเพื่อเพิ่มความปลอดภัยโดยการคำนวณน้ำหนักบรรทุกโดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการวิ่งขึ้นและร่อนลงทั้งระดับความสูงของทางวิ่งเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางและอุณหภูมิของอากาศ แต่สภาพแวดล้อมจริงของการวิ่งขึ้นและร่อนลงมีความซับซ้อนมากกว่านี้ ดังนั้นในบทความวิชาการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะแสดงวิธีการคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและร่อนลงตามคู่มือการปฏิบัติงานของผู้ประจำหน้าที่ในอากาศของเครื่องบินแบบ B737-800 และจากโปรแกรมการคำนวณจากผู้ผลิต

การคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้น (takeoff performance calculation)

ก่อนการปฏิบัติการบินทุกครั้ง นักบินหรือพนักงานอำนวยความสะดวกบินจะต้องทำการคำนวณน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff performance calculation) เสียก่อนว่าเที่ยวบินนี้สามารถบรรทุกน้ำหนักได้สูงสุดเท่าใด เรียกว่า Maximum Allowed Weight For Takeoff โดยปกติสมรรถนะการรับน้ำหนักบรรทุกของเครื่องบินเมื่อปฏิบัติการบินบางครั้งจะไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากับน้ำหนักบรรทุกตามสมรรถนะวิ่งขึ้นที่โรงงานผลิตเครื่องบินกำหนดให้เสมอไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเป็นตัวแปรที่จะจำกัดน้ำหนักบรรทุก เช่น น้ำหนักจำกัดตามความยาวทางวิ่ง (field length limited weight) น้ำหนักจำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited weight) น้ำหนักจำกัดตามอัตราการไต่ (climb limited weight) เป็นต้น (Civil Aviation Authority of New Zealand, 2020)

น้ำหนักวิ่งขึ้นจากปัจจัยดังกล่าว สามารถคำนวณน้ำหนักได้จากคู่มือการปฏิบัติงานของผู้ประจำหน้าที่ในอากาศที่ผู้ผลิตเครื่องบินกำหนดให้ จากนั้นนักบินหรือ

พนักงานอำนวยความสะดวกบินต้องพิจารณาค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ โดยนำค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นที่น้อยที่สุดเป็นค่าน้ำหนักสูงสุดเพื่อทำการวิ่งขึ้นของเที่ยวบินนั้น เรียกว่า Maximum Allowed Weight For Takeoff (Vongviwat, 2014)

ขั้นตอนการคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและร่อนลงสำหรับเครื่องบินแบบ B737-800

น้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและร่อนลงสามารถคำนวณค่าได้จากกราฟหรือตารางในคู่มือการปฏิบัติงานของผู้ประจำหน้าที่ในอากาศของแต่ละแบบของเครื่องบินนั้น ๆ ซึ่งทางโรงงานผู้ผลิตเครื่องบินเป็นผู้ดำเนินการจัดทำเป็นคู่มือปฏิบัติ จากนั้นนักบินหรือพนักงานอำนวยความสะดวกบิน (flight operation officer) ต้องคำนวณค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น จากนั้นก็พิจารณา ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นของปัจจัยที่ได้ค่าน้ำหนักน้อยที่สุดเป็นค่าน้ำหนักสูงสุดเพื่อทำการวิ่งขึ้นของเที่ยวบินนั้น เรียกว่า Maximum Allowed Weight For Takeoff หรือ Regulated Takeoff Weight--RTOW

The Boeing Company (2014) ได้กล่าวถึงวิธีการคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นสำหรับเครื่องบิน B737-800 ตามน้ำหนักจำกัดตามความยาวทางวิ่ง เริ่มต้นจะต้องมีการจัดเตรียมข้อมูลของสนามบินที่ทำการวิ่งขึ้นได้แก่

1. ความยาวของทางวิ่งที่ถูกประกาศใช้ ทางวิ่งได้มีการกำหนดความยาวหลายชนิดซึ่งเรียกว่า Declare Distance เช่น

- 1.1 Takeoff Run Available--TORA หมายถึง ความยาวของทางวิ่งที่ถูกประกาศพร้อมใช้งานและเหมาะสมเพื่อทำการวิ่งขึ้นของเครื่องบิน

- 1.2 Takeoff Distance Available--TODA หมายถึง ความยาวของทางวิ่งที่ถูกประกาศพร้อมใช้งานและเหมาะสม (TORA) บวกกับความยาวของพื้นที่ที่ถูกขยายยืดออกไปจากปลายทางวิ่งในแนวลาดเอียงทำมุมไม่เกิน 1.25% และปราศจากความสูงสิ่งกีดขวางเหนือแนวลาดเอียงของพื้นที่นี้ (clearway)

1.3 Accelerate-Stop Distance Available--

ASDA หมายถึง ความยาวของทางวิ่งซึ่งถูกประกาศพร้อมใช้งานและเหมาะสมเพื่อใช้ในการวิ่งขึ้นของเครื่องบิน (TORA) บวกกับพื้นที่ที่ได้ทำการก่อสร้างขยายี้ออกไปจากปลายทางวิ่ง (runway) ทั้งสองด้านหรือปลายทางวิ่งด้านใดด้านหนึ่งในแนวราบเพื่อจัดเตรียมให้สามารถรองรับเครื่องบินกรณียกเลิกการวิ่งขึ้น (abort takeoff) และได้ทำการหยุดการวิ่งขึ้นอย่างสมบูรณ์และปลอดภัย ภายในพื้นที่ดังกล่าว (stopway) หมายถึง: TORA + stopway

1.4 Landing Distance Available--LDA

หมายถึง ความยาวของทางวิ่งซึ่งถูกประกาศพร้อมใช้งานและเหมาะสมเพื่อทำการลงของเครื่องบิน โดยปกติระยะทางของทางวิ่งเพื่อใช้ในการลงจะเริ่มจากหัวทางวิ่งถึงปลายทางวิ่ง (runway threshold) ซึ่งสามารถใช้และเหมาะสมเพื่อการร่อนลง (International Civil Aviation Organization, 2013)

2. อุณหภูมิของอากาศ มี 2 ชนิด ได้แก่ (1) Aerodrome Reference Temperature และ (2) Ambient Temperature สามารถใช้ค่าอุณหภูมิชนิดใดก็ได้มาใช้อ้างอิงการคำนวณ

2.1 Aerodrome Reference Temperature คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของสนามบินนั้น ๆ โดยค่าเฉลี่ยพิจารณาของเดือนที่ร้อนปีนั้น และจะประกาศไว้ในเอกสารแถลงข่าวการบิน (Aeronautical Information Publication--AIP) ของแต่ละสนามบิน

2.2 Ambient Temperature คือ อุณหภูมิของอากาศจริง ๆ ณ เวลานั้น

3. Wind Component คือ ความเร็วลมบางส่วนที่มาปะทะกับเครื่องบินในลักษณะทวนลมหรือตามลมขณะทำการวิ่งขึ้น ซึ่งสามารถหาค่า Wind Component ได้ดังนี้

3.1 หาค่าเฉลี่ย ทิศทางลมและความเร็วลมจากหน่วยงานอุตุนิยมวิทยารายงาน เช่น 06020 060 หมายถึง ค่าเฉลี่ยทิศทางลมพัดมาจาก 060 องศา 20 หมายถึง ค่าเฉลี่ยความเร็วลม 20 นอต

3.2 หาค่ามุมระหว่างทิศทางที่ลมพัดมาจากทิศอะไรกับทิศทางที่หัวเครื่องบินทำการวิ่งขึ้นไปยังทิศอะไร เช่น

○ Wind Report 04020 หมายถึง ลมพัดมาจากทิศ 040

○ เครื่องทำการวิ่งขึ้นหัว Runway 09 หมายถึง หัวเครื่องบินชี้ไปยังทิศ 090

○ ดังนั้นมุมระหว่างทิศทางที่ลมพัดมากับทิศทางที่หัวเครื่องบินชี้ไปเพื่อทำการวิ่งขึ้น คือ

$$90-40 = 050$$

3.3 จากนั้นให้นำค่าทั้งสอง ได้แก่ ความเร็วลมตามอุตุนิยมวิทยารายงานเท่ากับ 20 นอต และมุมต่างเท่ากับ 050 องศา ไปหาค่า Wind Component จาก Wind Component Chart ต่อไป ตามภาพ 1

จากภาพ 1 ลักษณะของ Wind Component Chart ทำให้คำนวณค่า Wind Component ได้ ดังนี้

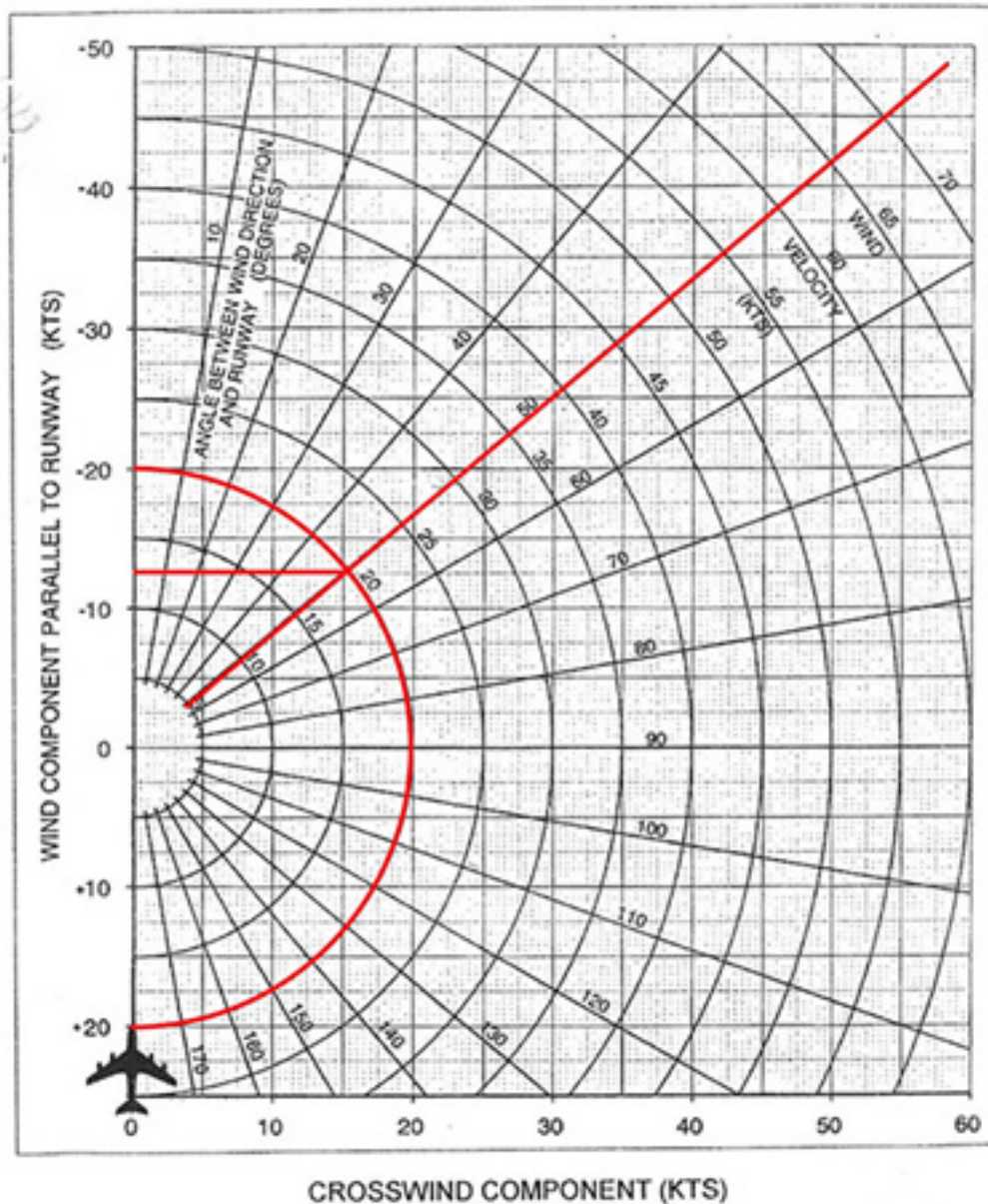
1. เส้นเฉียงเป็นเส้นแทนค่ามุมระหว่างทิศทางที่หัวเครื่องบินชี้ไปตามทิศทางของทางวิ่งกับทิศทางของลมที่พัดมาซึ่งตัวอย่างนี้ คือ 050 องศา

2. เส้นโค้งแทนค่าความเร็วลมจากตัวอย่างนี้ คือ 020 นอต

3. ลากเส้นทั้งสองมาตัดกันตามภาพ จากจุดตัดของทั้งสองเส้นลากเส้นขนานไปทางขวามือถึงขอบของภาพ 1 ซึ่งจะมีตัวเลขบอกค่า Wind Component ซึ่งค่า Wind Component มี 2 ชนิด คือ ทวนลม (head wind) จะมีสัญลักษณ์เครื่องหมาย+ข้างหน้า และตามลม (tail wind) จะมีสัญลักษณ์เครื่องหมายลบ กำกับด้านหน้าความเร็ว ตามตัวอย่างจะได้ค่า Wind Component ในลักษณะทวนลม (head wind) เท่ากับ 13 นอต เป็นต้น

หมายเหตุ: ในทางปฏิบัติ หากค่า Wind Component ทวนลม (head wind) ให้คิด 50% แต่ค่า Wind Component ตามลม (tail wind) ให้คิด 150% แล้วนำผลลัพธ์ไปเปรียบเทียบกับ Maximum Tail Wind คือ 10 นอต หากค่า Wind Component Tail Wind มากกว่า 10 นอต ห้ามเครื่องบินจะทำการวิ่งขึ้น เนื่องจากโดยปกติเครื่องบินจะทำการวิ่งขึ้นในลักษณะทวนลมเสมอ

WIND COMPONENT IN FLIGHT (For training purpose only)



ภาพ 1 Wind Component Chart

Note. From 737-800 Flight Crew Operation Manual Nok Airlines Company Limited. By The Boeing Company, 2014, Washington: The Boeing Company.

4. เปอร์เซ็นต์ของความลาดเอียงของทางวิ่ง (runway slope) ความลาดเอียงของทางวิ่งมี 2 ประเภท คือ ทางลาดขึ้น (upslope) และ ทางลาดลง (downslope) (ปกติความลาดเอียงของทางวิ่งทั้งทางลาดขึ้น และทางลาดลง จะไม่เกิน 2%)

5. ค่าของ Flap Position เพื่อยืดความกว้างของปีกเครื่องบินให้กว้างมากขึ้นโดยยืดออกไปเป็น % เช่น Flap Position 5% 10% และ 15% เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้เกิดแรงยกเร็วขึ้นและใช้ทางวิ่งสั้นสำหรับวิ่งขึ้น

6. ค่า Pressure Altitude คือ ระดับความสูงของทางวิ่งเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางซึ่งได้ค่าจากการ นำค่า Aerodrome Elevation (ระดับในแนวตั้งของสนามบินเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง) บวกหรือลบค่าความสูงที่สอดคล้องกับความกดอากาศ

เมื่อได้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเรียบร้อยแล้ว สำหรับวิธีการคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้น สำหรับเครื่องบินแบบ B737-800 แบ่งวิธีการคำนวณได้ 2 วิธี ได้แก่ (1) การคำนวณน้ำหนักวิ่งขึ้นที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากผู้ผลิตเครื่องบิน และ (2) การคำนวณน้ำหนักวิ่งขึ้นซึ่งใช้ผลคำนวณจากระบบคอมพิวเตอร์โดยโปรแกรมทางผู้ผลิตเครื่องบินเป็นผู้ดำเนินการ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

วิธีที่ 1 การคำนวณน้ำหนักวิ่งขึ้นที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากผู้ผลิตเครื่องบินโดยพิจารณาจากปัจจัยน้ำหนักจำกัดตามความยาวทางวิ่ง (field length limited weight) น้ำหนักจำกัดตามอัตราการไต่ (climb limited weight) และน้ำหนักจำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited weight) สำหรับวิธีการคำนวณผู้เขียนขออธิบายดังตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 1

กำหนดข้อมูล

1. Runway Length 3699 เมตร
2. Outside Air Temperature--OAT 30 องศาเซลเซียส
3. Wind Component 0 นอต
4. Flap Position 5%
5. Runway Slope 0.0%
6. Elevation 9 ฟุต
7. Obstacle Distance from The Runway End 600 เมตร ความสูง 25 เมตร
8. Takeoff Fuel 8000 กิโลกรัม
9. Trip Fuel 3200 กิโลกรัม
10. Engine Bleed for Packs on 650 กิโลกรัม
11. Structure Limited 70533 กิโลกรัม
12. Maximum Certificate Zero Fuel Weight--

MCZFW 61600 กิโลกรัม

13. Maximum Certificate Landing Weight--
MCLDW 65317 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 1 หาค่า Takeoff Runway Length By Runway Slope Correction Table

จากภาพ 2

วิธีทำ

ลากเส้น จากคอลัมน์ Field Length Available ซ้ายมือ ณ ตำแหน่ง Runway Length 3699 เมตรหรือประมาณ 3700 เมตร มาตัดกับเส้น Runway Slope 0.0% ที่ลากจากคอลัมน์ Runway Slope จะได้ค่า Runway Length Corrected By Runway Slope เท่ากับ 3699 เมตร หรือประมาณ 3700 เมตร

ขั้นตอนที่ 2 หาค่า Takeoff Runway Length By Wind Component Correction Table

จากภาพ 3

วิธีทำ

ลากเส้นความยาวทางวิ่งที่ Correction โดย Runway Slope เท่ากับ 3700 เมตร จากคอลัมน์ Slope Correction Field Length ตัดกับเส้นของ Wind Component คือ 0 นอต จากคอลัมน์ Wind Component จะได้ค่า Runway Length Corrected By Wind Component เท่ากับ 3700 เมตร

ขั้นตอนที่ 3 หาค่า Takeoff Runway Length By OAT Correction Table

จากภาพ 4

วิธีทำ

ลากเส้นความยาวทางวิ่งเท่ากับ 3700 เมตร จากคอลัมน์ Corrected Field Length ตัดกับเส้นของ OAT เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส จะได้ค่า น้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) ที่จำกัดตามความยาวทางวิ่งเท่ากับ 86.1 ตัน หรือ 86100 กิโลกรัม และ จะได้ค่า น้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) ที่จำกัดตามอัตราการไต่ 78.0 ตันหรือ 78000 กิโลกรัม

Takeoff Field Corrections - Dry Runway Slope Corrections

FIELD LENGTH AVAILABLE (M)	SLOPE CORRECTED FIELD LENGTH (M)								
	RUNWAY SLOPE (%)								
	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0
1200	1240	1230	1220	1210	1200	1190	1180	1170	1150
1400	1460	1450	1430	1420	1400	1380	1350	1330	1310
1600	1680	1660	1640	1620	1600	1570	1530	1500	1460
1800	1900	1870	1850	1820	1800	1750	1710	1660	1610
2000	2110	2090	2060	2030	2000	1940	1880	1820	1770
2200	2330	2300	2270	2230	2200	2130	2060	1990	1920
2400	2550	2510	2470	2440	2400	2320	2240	2150	2070
2600	2770	2730	2690	2640	2600	2510	2410	2320	2220
2800	3000	2950	2900	2850	2800	2690	2590	2480	2380
3000	3220	3170	3110	3060	3000	2880	2770	2650	2530
3200	3450	3390	3320	3260	3200	3070	2940	2810	2680
3400	3670	3600	3540	3470	3400	3260	3120	2980	2840
3600	3900	3820	3750	3670	3600	3450	3290	3140	2990
3800	4130	4050	3970	3880	3800	3640	3470	3310	3140
4000	4370	4280	4190	4090	4000	3820	3650	3470	3290
4200	4610	4510	4410	4300	4200	4010	3820	3640	3450
4400	4850	4740	4630	4510	4400	4200	4000	3800	3600
4600	5090	4970	4850	4720	4600	4390	4180	3960	3750
4800	5330	5200	5070	4930	4800	4580	4350	4130	3910
5000	5570	5430	5290	5140	5000	4760	4530	4290	4060

ภาพ 2 Runway Slope Correction Table

Note. From 737-800 Flight Crew Operation Manual Nok Airlines Company Limited, by The Boeing Company, 2014, Washington: The Boeing Company.

Wind Corrections

SLOPE CORR'D FIELD LENGTH (M)	SLOPE & WIND CORRECTED FIELD LENGTH (M)							
	WIND COMPONENT (KTS)							
	-15	-10	-5	0	10	20	30	40
1200	880	990	1090	1200	1270	1340	1410	1490
1400	1050	1170	1280	1400	1480	1550	1630	1710
1600	1220	1350	1470	1600	1680	1760	1850	1930
1800	1390	1530	1660	1800	1890	1980	2070	2160
2000	1560	1700	1850	2000	2090	2190	2280	2380
2200	1720	1880	2040	2200	2300	2400	2500	2600
2400	1890	2060	2230	2400	2500	2610	2720	2830
2600	2060	2240	2420	2600	2710	2820	2930	3050
2800	2230	2420	2610	2800	2910	3030	3150	3270
3000	2400	2600	2800	3000	3120	3240	3370	3500
3200	2570	2780	2990	3200	3330	3450	3590	3720
3400	2730	2960	3180	3400	3530	3660	3800	3940
3600	2900	3140	3370	3600	3740	3880	4020	4170
3800	3070	3310	3560	3800	3940	4090	4240	4390
4000	3240	3490	3750	4000	4150	4300	4450	4610
4200	3410	3670	3940	4200	4350	4510	4670	4840
4400	3580	3850	4130	4400	4560	4720	4890	5060
4600	3740	4030	4310	4600	4760	4930	5110	5280
4800	3910	4210	4500	4800	4970	5140	5320	5510
5000	4080	4390	4690	5000	5170	5350	5540	5730

ภาพ 3 Wind Component Correction Table

Note. From 737-800 Flight Crew Operation Manual Nok Airlines Company Limited, by The Boeing Company, 2014, Washington: The Boeing Company.

Takeoff Field & Climb Limit Weights - Dry Runway

Flaps 5

Sea Level Pressure Altitude

CORR'D FIELD LENGTH (M)	FIELD LIMIT WEIGHT (1000 KG)										
	OAT (°C)										
	-40	10	14	18	22	26	30	38	42	46	50
1220	56.4	51.7	51.3	51.0	50.6	50.3	50.0	47.2	45.9	44.6	43.3
1400	61.1	56.1	55.7	55.3	55.0	54.6	54.2	51.3	49.9	48.5	47.1
1600	66.1	60.6	60.2	59.8	59.4	59.0	58.6	55.5	54.0	52.5	51.0
1800	70.6	64.8	64.4	63.9	63.5	63.1	62.7	59.3	57.7	56.1	54.5
2000	74.7	68.5	68.0	67.6	67.2	66.7	66.3	62.7	61.0	59.3	57.6
2200	78.5	72.0	71.5	71.0	70.6	70.1	69.6	65.9	64.1	62.3	60.5
2400	82.0	75.2	74.7	74.2	73.7	73.2	72.7	68.8	66.9	65.0	63.1
2600	85.0	77.9	77.4	76.8	76.3	75.8	75.3	71.2	69.2	67.3	65.4
2800	86.1	80.5	79.9	79.4	78.8	78.3	77.8	73.5	71.5	69.4	67.4
3000	86.1	82.8	82.3	81.7	81.2	80.6	80.1	75.6	73.5	71.4	69.3
3200	86.1	85.3	84.7	84.1	83.5	83.0	82.4	77.8	75.6	73.4	71.3
3400	86.1	86.1	86.1	86.1	85.9	85.3	84.7	80.0	77.7	75.4	73.2
3600	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	82.0	79.7	77.3	75.1
3800	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	84.0	81.6	79.2	76.8
4000	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	85.9	83.4	80.9	78.5
4200	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	85.2	82.7	80.2
4400	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	84.4	81.9
4600	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.0	83.5
CLIMB LIMIT WT (1000 KG)	79.2	78.6	78.5	78.4	78.3	78.1	78.0	72.6	69.9	67.3	64.7

ภาพ 4 Takeoff Field Length & Climb Limit Weight Table By OAT Correction

Note. From 737-800 Flight Crew Operation Manual Nok Airlines Company Limited, by The Boeing Company, 2014, Washington: The Boeing Company.

ขั้นตอนที่ 4 หาค่าน้ำหนักจำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น

จากภาพ 5

วิธีทำ

ลากเส้นจาก คอลัมน์ Obstacle Height 25 เมตร มายังด้านขวามือตัดกับค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (Takeoff Weight) สอดคล้องกับระยะทางจาก Distance From

Brake Release เท่ากับ ความยาวทางวิ่ง + Obstacle Distance From The Runway End = 3699 + 600 = 4299 เมตร จะได้ น้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) ที่จำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้นเท่ากับ 76650 – 650 (Engine Bleed For Packs On) = 76000 กิโลกรัม

Takeoff Obstacle Limit Weight

Flaps 5

Sea Level, 30°C & Below, Zero Wind

Based on engine bleed for packs on and anti-ice off

Reference Obstacle Limit Weight (1000 KG)

OBSTACLE HEIGHT (M)	DISTANCE FROM BRAKE RELEASE (100 M)										
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
5	70.0	75.5	79.3	81.7							
20	64.2	69.5	73.6	76.8	79.1	80.6	82.0	83.1			
40	59.4	64.4	68.4	71.6	74.2	76.3	78.0	79.2	80.3	81.2	82.0
60	55.7	60.5	64.4	67.7	70.4	72.7	74.5	76.1	77.4	78.4	79.3
80	52.5	57.3	61.2	64.5	67.2	69.5	71.5	73.2	74.6	75.9	76.9
100	49.8	54.6	58.5	61.7	64.5	66.8	68.9	70.7	72.2	73.5	74.7
120	47.5	52.1	56.0	59.3	62.1	64.5	66.5	68.4	70.0	71.4	72.6
140	45.4	50.0	53.8	57.1	59.9	62.3	64.4	66.3	68.0	69.4	70.7
160	43.4	48.0	51.8	55.1	57.9	60.4	62.5	64.4	66.1	67.6	69.0
180	41.7	46.2	50.0	53.3	56.1	58.6	60.8	62.7	64.4	65.9	67.3
200		44.6	48.4	51.6	54.4	56.9	59.1	61.1	62.8	64.4	65.8
220		43.1	46.8	50.1	52.9	55.4	57.6	59.5	61.3	62.9	64.3
240		41.6	45.4	48.6	51.4	53.9	56.1	58.1	59.9	61.5	63.0
260			44.0	47.3	50.1	52.6	54.8	56.8	58.6	60.2	61.7
280			42.8	46.0	48.8	51.3	53.5	55.5	57.3	58.9	60.4
300			41.6	44.8	47.6	50.1	52.3	54.3	56.1	57.8	59.3

ภาพ 5 Takeoff Obstacle Limit Weight

Note. From 737-800 Flight Crew Operation Manual Nok Airlines Company Limited. By The Boeing Company, 2014, Washington: The Boeing Company.

ขั้นตอนที่ 5 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นตามปัจจัยต่าง ๆ กับ Maximum Weight For ZERO Fuel และ Maximum Weight For Landing

จากตาราง 1 พบว่า ค่า Maximum Weight For ZERO Fuel ได้มาจากการผลรวมระหว่างค่า Maximum Certificate Zero Fuel Weight--MCZFW และ Takeoff Fuel โดยผลที่ได้เท่ากับ 69600 กิโลกรัม ในขณะที่ค่า Maximum Weight For Landing ได้มาจากการผลรวมระหว่าง

Maximum Certificate Landing Weight--MCLDW และ Trip Fuel โดยผลที่ได้เท่ากับ 68500 กิโลกรัม จากนั้นให้นำค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นในแถวใดที่มีค่าน้อยที่สุดให้เลือกค่านั้น ซึ่งเรียกว่าค่า Maximum Allowed Weight For Takeoff หรือ ค่า Regulated Takeoff Weight--RTOW ดังนั้น ค่า Maximum Allowed Weight For Takeoff ในตัวอย่างที่ 1 คือ 68517 กิโลกรัม

ตาราง 1

แสดงค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นตามปัจจัยต่าง ๆ ค่า Maximum Weight For ZERO Fuel และ ค่า Maximum Weight For Landing

ปัจจัย	ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (หน่วย: กิโลกรัม)
ความยาวทางวิ่ง (field length limited)	86100
อัตราการไต่ (climb limited)	78000
สิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited)	76000
โครงสร้างอากาศยาน (structure limited)	70533
Maximum Weight For ZERO Fuel	61600 + 8000 = 69600
Maximum Weight For Landing	65317 + 3200 = 68517

วิธีที่ 2 การคำนวณน้ำหนักวิ่งขึ้นที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากผู้ผลิตเครื่องบินโดยพิจารณาจากปัจจัยน้ำหนักจำกัดตามความยาวทางวิ่ง (field length limited weight) น้ำหนักจำกัดตามอัตราการไต่ (climb limited weight) และน้ำหนักจำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited weight) สำหรับวิธีการคำนวณผู้เขียนขออธิบายดังตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 2

กำหนดข้อมูล

1. Runway Length 3699 เมตร
2. Outside Air Temperature--OAT 30 องศาเซลเซียส
3. Wind Component 0 นอต
4. Flap Position 5%
5. Runway Slope 0.0%
6. Elevation 9 ฟุต
7. Obstacle Distance from The Runway End 600 เมตร ความสูง 25 เมตร
8. Takeoff Fuel 8000 กิโลกรัม
9. Trip Fuel 3200 กิโลกรัม
10. Engine Bleed for Packs on 650 กิโลกรัม

11. Structure Limited 70533 กิโลกรัม

12. Maximum Certificate Zero Fuel Weight--MCZFW 61600 กิโลกรัม

13. Maximum Certificate Landing Weight--MCLDW 65317 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 1 ให้นำข้อมูลจากโจทย์ทั้งหมดใส่ลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากผู้ผลิตเครื่องบิน

โดยผลลัพธ์ที่ได้ในโปรแกรมจะคำนวณค่า Takeoff Weight เหลือเพียง 3 ปัจจัยที่ได้ค่าน้ำหนักน้อยสุด 3 รายการและระบุลงในแบบฟอร์มที่เรียกว่า Gross Weight Chart--GWC โดยในตัวอย่างนี้ ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตามอัตราการไต่ (climb limited weight) ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตามโครงสร้างอากาศยาน (structure limited weight) และค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited) ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังภาพ 6

จากภาพ 6 สามารถสรุปผลลัพธ์ได้ ดังนี้

1. Runway 03L หมายถึง หมายเลขทางวิ่ง 03L
2. VTBD หมายถึง สนามบินดอนเมือง

3. ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตาม อัตราการไต่ (climb limited) ดูที่คอลัมน์การไต่ (climb) ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) สอดคล้องกับอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เท่ากับ 780 หมายถึง 78.0 ตัน หรือ 78000 กิโลกรัม

4. ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตาม โครงสร้างอากาศยาน (structure limited) เท่ากับ 70533 กิโลกรัม

5. ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตาม สิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited) เท่ากับ 760 หมายถึง 76000 ตัน หรือ 76000 กิโลกรัม จากการลากเส้นอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตัดกับค่า Wind Component 0 นอต

6. พิจารณาค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) น้อยที่สุดจากน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตามอัตราการไต่ (climb limited) จำกัดตามโครงสร้างอากาศยาน (structure limited) และ จำกัดตามสิ่งกีดขวางที่อยู่ในตำแหน่งแนววิ่งขึ้น (obstacle limited) ในที่นี้ คือ 70533 กิโลกรัม ซึ่งจำกัดตามโครงสร้างอากาศยาน (structure limited)

ขั้นตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นตาม โครงสร้างอากาศยาน (structure limited) กับ Maximum Weight For Zero Fuel และ Maximum Weight For Landing ดังนี้

1. นำค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดตามตามโครงสร้างอากาศยาน (structure limited) เท่ากับ 70533 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับ ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จำกัดโดย Zero Fuel Weight Limit และ Landing Weight Limit ต่อไป เพื่อหาค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) ที่น้อยที่สุดของปัจจัยประเภทใดประเภทหนึ่งมาเป็นค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) สูงสุดในการบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นของเที่ยวบินนี้ ดังตาราง 2

จากตาราง 2 พบว่า

1. ค่า Maximum Certificate Zero Fuel Weight--MCZFW คือ น้ำหนักของ Zero Fuel Weight สูงสุดที่โรงงานผลิตเครื่องบินกำหนดให้ สำหรับตัวอย่างนี้ เท่ากับ 61600 กิโลกรัม ระบุใน คอลัมน์ 1 (Maximum Weight for Zero Fuel) + น้ำหนักของ Takeoff Fuel เท่ากับ 8000 กิโลกรัม นั่นคือ $61600 + 8000 = 69600$ กิโลกรัม ระบุใน คอลัมน์ 1 (Maximum Weight for Zero Fuel) + น้ำหนักของ Takeoff Fuel เท่ากับ 8000 กิโลกรัม นั่นคือ $61600 + 8000 = 69600$ กิโลกรัม

2. ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) จาก Gross Weight Chart--GWC ซึ่งพิจารณาค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) ที่น้อยที่สุด จาก ปัจจัยทั้งสามประเภทใน Gross Weight Chart ในที่นี้ คือ 70533 กิโลกรัม จำกัดน้ำหนัก โดย Structure Limited ระบุในคอลัมน์ 2

3. ค่า Maximum Certificate Landing Weight--MCZFW คือ น้ำหนักของการร่อนลง (landing weight) สูงสุดที่โรงงานผลิตเครื่องบินกำหนดให้ จากตัวอย่างนี้ เท่ากับ 65300 กิโลกรัม ระบุใน คอลัมน์ 1 (Maximum Weight For Landing Weight) + น้ำหนักของ Trip Fuel เท่ากับ 3200 กิโลกรัม จะได้ว่า $65317 + 3200 = 68517$ กิโลกรัม

4. พิจารณาค่า Maximum Allowed Weight for Takeoff ที่น้อยที่สุดในคอลัมน์ 1 หรือ 2 หรือ 3 ในที่นี้คือ ค่า Maximum Allowed Weight For Takeoff หรือ ค่า Regulated Takeoff Weight--RTOW คือ 68517 กิโลกรัม ดังนั้น Maximum Allowed Weight for Takeoff เท่ากับ 68517 กิโลกรัม

จากตัวอย่างที่ 1 และ 2 พบว่า ทั้งวิธีที่ไม่ได้ใช้ โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบินและวิธีที่ใช้ผลคำนวณจาก โปรแกรมทางผู้ผลิตเครื่องบินให้ผลลัพธ์ค่าน้ำหนักวิ่งขึ้น (takeoff weight) ที่สอดคล้องกัน และได้ค่า Regulated Takeoff Weight--RTOW คือ 68517 กิโลกรัม

ตาราง 2

ค่า Takeoff Weight จำกัดตามโครงสร้างอากาศยาน ค่า Maximum Weight For ZERO Fuel และ ค่า Maximum Weight For Landing

Maximum Weight For Zero Fuel (หน่วย:กิโลกรัม)	Takeoff Weight Lowest From GWC (หน่วย:กิโลกรัม)	Maximum Weight For Landing (หน่วย:กิโลกรัม)
61600+	70533	65317+
8000	Maximum Allowed Weight for Takeoff	3200
69600		68517

ขั้นตอนการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการร่อนลงสำหรับเครื่องบินแบบ B737-800

สมรรถนะของเครื่องบินขณะทำการร่อนลง โดยปกติทางโรงงานผู้ผลิตเครื่องบินจะเป็นผู้คำนวณน้ำหนักในการร่อนลงให้ (landing weight) แต่ในบางโอกาสจะมีปัจจัยบางอย่างเป็นตัวแปรขัดจำกัดน้ำหนักไม่สามารถเอาน้ำหนักทำการลง ณ สนามบินปลายทางได้เท่ากับน้ำหนักที่โรงงานผู้ผลิตเครื่องบินคำนวณให้เรียกว่า Maximum Certificate Landing Weight คือ น้ำหนักที่ใช้ทำการลงสูงสุดที่ได้รับรองโดยสอดคล้องตามโครงสร้างของเครื่องบิน

ปัจจัยที่มีอุปสรรคต่อสมรรถนะของเครื่องบินเมื่อทำการร่อนลงมี ดังนี้

- Runway Length
- Obstacles In The Approach Area
- Landing Climb Requirements
- Structural Landing Weight
- Runway Bearing Strength

สำหรับวิธีการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการร่อนลงสำหรับเครื่องบินแบบ B737-800 แบ่งวิธีการคำนวณได้ 2 วิธี ได้แก่ (1) การคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการร่อนลงที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และ (2) การคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการร่อนลงที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากโปรแกรมทางผู้ผลิตเครื่องบิน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

วิธีที่ 1 การคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการร่อนลงที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับวิธีการคำนวณดังตัวอย่างที่ 3

ตัวอย่างที่ 3

กำหนดข้อมูล

1. Landing Distance Available 3100 เมตร
2. Runway Condition Dry Runway
3. Wind component 10 นอต
4. Runway in use 18
5. Flap landing 30
6. Outside Air Temperature--OAT 30 องศาเซลเซียส

และ

7. Airport Elevation 1036 ฟุต
8. Maximum Certificate Landing Weight--MCLDW 65317 กิโลกรัม

วิธีทำ ใช้ตาราง Limit Climb Limit Weight ดัง
ภาพ 7

1. ลากเส้นขนานจากอุณหภูมิเท่ากับ 30 องศา
เซลเซียส ตัดกับค่าของ Airport Pressure Altitude
เท่ากับ 1036 ฟุต $\approx$ 1000 ฟุต

2. จะได้ค่า Maximum Landing Weight ที่
จำกัดโดย Approach Climb Limit เท่ากับ 71.2 ตัน
หรือ 71200 กิโลกรัม

3. ในทางปฏิบัติน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเพื่อทำการ
ร่อนลงจะต้องไม่มากกว่า ค่า Maximum Certificate
Landing Weight เท่ากับ 65317 Kgs ซึ่ง ค่า Maximum
Landing Weight ที่คำนวณได้เท่ากับ 71200 กิโลกรัม
ดังนั้นค่า Maximum Landing Weight เท่ากับ 65317
กิโลกรัม

วิธีที่ 2 การคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการ
ร่อนลงที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากโปรแกรมทางผู้ผลิต
เครื่องบิน สำหรับวิธีการคำนวณดังตัวอย่างที่ 4

ตัวอย่างที่ 4

กำหนดข้อมูล

1. Landing Distance Available 3100 เมตร
2. Runway Condition Dry Runway
3. Wind component 10 นอต
4. Runway in use 18
5. Flap landing 30
6. Outside Air Temperature (OAT) 30 องศา
เซลเซียส
7. Airport Elevation 1036 ฟุต
8. Maximum Certificate Landing Weight--
MCLDW 65317 กิโลกรัม

วิธีทำ นำข้อมูลไปใส่ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์
จากโปรแกรมทางผู้ผลิตเครื่องบิน ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังภาพ 8

จากภาพ 8 Landing Performance Chart
สำหรับหาค่า Maximum Landing Weight

วิธีทำ

ลากเส้นขนานจากอุณหภูมิ เท่ากับ 30 องศา
เซลเซียส ตัดกับค่าของ Wind Component เท่ากับ Head
wind 10 นอต จะได้ค่า Maximum Landing Weight ที่
จำกัดโดย Approach Climb เท่ากับ 711A หรือ เท่ากับ
71100 กิโลกรัม A = Approach Climb อ้างอิงจาก
Landing Performance Chart

ในทางปฏิบัติน้ำหนักสูงสุดจะต้องไม่มากกว่า
ค่า Maximum Certificate Landing Weight เท่ากับ
65317 กิโลกรัม ดังนั้น ค่า Maximum Landing Weight
ที่คำนวณได้เท่ากับ 71100 กิโลกรัม ต้องคิดค่า Maximum
Landing Weight เพียง 65317 กิโลกรัม เท่านั้น

จากตัวอย่างที่ 3 และ 4 พบว่า ทั้งวิธีที่ไม่ได้ใช้
โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบินและวิธีที่ใช้ผลคำนวณจาก
โปรแกรมทางผู้ผลิตเครื่องบินให้ผลลัพธ์ค่า Landing
Weight ที่ใกล้เคียงกัน

Landing Climb Limit Weight

Valid for approach with flaps 15 and landing with flaps 40

Based on engine bleed for packs on and anti-ice off

AIRPORT OAT		LANDING CLIMB LIMIT WEIGHT (1000 KG)													
		AIRPORT PRESSURE ALTITUDE (FT)													
°C	°F	-2000	-1000	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	
54	129	61.8	60.4	58.9	57.8										
52	126	63.0	61.6	60.0	57.8										
50	122	64.3	62.8	61.1	58.9	56.7									
48	118	65.5	64.0	62.3	60.0	57.8	55.6								
46	115	66.8	65.3	63.6	61.3	59.0	56.8	54.6							
44	111	68.1	66.5	64.8	62.4	60.1	57.8	55.7	53.5						
42	108	69.3	67.8	66.0	63.6	61.3	58.9	56.7	54.5	52.4					
40	104	70.6	69.1	67.3	64.8	62.4	60.1	57.8	55.6	53.4	51.2				
38	100	71.9	70.4	68.6	66.0	63.6	61.2	58.9	56.7	54.4	52.2	50.2			
36	97	73.4	71.7	69.9	67.3	64.8	62.4	60.0	57.7	55.5	53.2	51.1	49.1		
34	93	74.7	73.1	71.1	68.6	66.0	63.5	61.1	58.8	56.5	54.2	52.0	50.0	47.9	
32	90	74.8	74.5	72.5	69.8	67.3	64.7	62.3	59.9	57.5	55.2	53.0	50.9	48.8	
30	86	74.9	74.5	73.9	71.2	68.5	65.9	63.4	61.0	58.7	56.3	54.0	51.9	49.8	
28	82	74.9	74.6	73.9	72.5	69.8	67.2	64.6	62.2	59.8	57.4	55.1	52.8	50.7	
26	79	75.0	74.7	74.0	72.6	71.1	68.5	65.9	63.3	60.9	58.5	56.2	53.9	51.6	
24	75	75.1	74.7	74.1	72.6	71.2	69.7	67.1	64.5	62.0	59.6	57.3	54.9	52.7	
22	72	75.1	74.8	74.1	72.7	71.2	69.8	68.3	65.8	63.2	60.7	58.4	56.0	53.7	
20	68	75.2	74.9	74.2	72.7	71.3	69.8	68.4	67.0	64.4	61.9	59.4	57.2	54.8	
18	64	75.3	74.9	74.2	72.8	71.3	69.9	68.4	67.0	65.5	63.1	60.5	58.2	55.9	
16	61	75.3	75.0	74.3	72.8	71.4	69.9	68.4	67.1	65.6	64.1	61.7	59.2	56.9	
14	57	75.4	75.0	74.3	72.9	71.4	70.0	68.5	67.1	65.6	64.2	62.6	60.3	57.8	
12	54	75.4	75.1	74.4	73.0	71.5	70.0	68.5	67.2	65.6	64.2	62.7	61.1	58.8	
10	50	75.5	75.1	74.5	73.0	71.5	70.1	68.6	67.2	65.7	64.2	62.7	61.1	59.5	
-40	-40	76.0	75.7	75.1	73.6	72.2	70.7	69.1	67.7	66.1	64.6	63.1	61.5	59.9	

ภาพ 7 Landing Climb Limit Weight

Note. From 737-800 Flight Crew Operation Manual Nok Airlines Company Limited, by The Boeing Company, 2014, Washington: The Boeing Company.

737-800 LANDING PERFORMANCE VTCC
 CFM56-7B24 CHIANG MAI INTL 36
 LDA 3100 M CHIANG MAI, THA Elev 1036 FT
 WINGLETS
 Approach 15 Landing 30 Air Cond Auto Anti-ice Off
 Dry Rwy

OAT C	Maximum Allowable Landing Weight (100 KG)			
	-10	0	Wind (Knots) 10	20
65	OF	OF	OF	OF
60	OF	OF	OF	OF
56	OF	OF	OF	OF
52	577A	577A	577A	577A
48	600A	600A	600A	600A
44	623A	623A	623A	623A
42	635A	635A	635A	635A
40	647A	647A	647A	647A
38	660A	660A	660A	660A
36	673A	673A	673A	673A
34	685A	685A	685A	685A
32	697A	697A	697A	697A
30	711A	711A	711A	711A
28	724A	724A	724A	724A
26	725A	725A	725A	725A
24	726A	726A	726A	726A
22	726A	726A	726A	726A
20	727A	727A	727A	727A
18	727A	727A	727A	727A
16	728A	728A	728A	728A
14	728A	728A	728A	728A
12	729A	729A	729A	729A
10	730A	730A	730A	730A
5	731A	731A	731A	731A
0	732A	732A	732A	732A

Above Standard Pressure Add (KG per MB)

39 39 39 39

Below Standard Pressure Subtract (KG per MB)

75 75 75 75

Reference QNH is 1013.25 MB

Corrections based on 1003.25 MB and 1023.25 MB

Landing weight must not exceed 65317 KG

Limit Codes: F=Field C=Climb B=Brakes

A=Approach Climb L=Landing Climb T=Tire Speed

ภาพ 8 Landing Performance Chart

Note. From Landing Performance Chart, by Nok Airlines Company Limited, 2015, Bangkok: Nok Airlines Company Limited

บทสรุป

วิธีการคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและร่อนลงที่ผู้เขียนได้กล่าวมาเป็นวิธีการคำนวณที่ใช้เฉพาะสำหรับเครื่อง B737-800 เท่านั้น ซึ่งผู้เขียนได้อธิบายถึงวิธีการคำนวณค่าน้ำหนักวิ่งขึ้นจำนวน 2 วิธี ทั้งที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบิน และวิธีใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบิน โดยทั้ง 2 วิธีให้ผลลัพธ์ค่า Takeoff Weight ที่สอดคล้องกัน และวิธีการคำนวณค่าน้ำหนักเพื่อร่อนลงจำนวน 2 วิธีทั้งที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบิน และวิธีใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบิน โดยทั้ง 2 วิธีให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกัน โดยในปัจจุบันบริษัทสายการบินส่วนใหญ่ใช้วิธีการคำนวณจากโปรแกรมผู้ผลิตเนื่องจาก

ประหยัดเวลาในการคำนวณและมีความถูกต้องแม่นยำสูง แต่โปรแกรมผู้ผลิตพัฒนาขึ้นมีราคาสูงจึงทำให้สายการบินใช้วิธีการขอรับบริการใช้โปรแกรมเป็นครั้ง ๆ ไปแทนที่จะซื้อโปรแกรมมาใช้เอง ดังนั้นการคำนวณด้วยวิธีที่ไม่ได้ใช้โปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่องบินก็ยังคงมีความจำเป็นอยู่เมื่อเกิดปัญหาที่มีการเปลี่ยนตัวแปรที่จะจำกัดน้ำหนักบรรทุกเพียงบางตัวพนักงานอำนวยความสะดวกการบินในสายการบินนั้น ๆ ก็สามารถที่จะคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและร่อนลงด้วยตนเองได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายที่จะต้องไปขอรับบริการจากผู้ผลิต ดังนั้นผู้เขียนจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิธีการคำนวณที่ได้กล่าวมาจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมการบินหรือผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป



References

- Civil Aviation Authority of New Zealand. (2020). *Take-off and landing performance*. Retrieved from <https://www.aviation.govt.nz/assets/publications/gaps/Take-off-and-landing-performance.pdf>
- International Civil Aviation Organization. (2013). *Annex 14 aerodromes - Volume I, aerodrome design and operations*. Quebec: the International Civil Aviation Organization.
- Nok Airlines Company Limited. (2015). *Gross weight chart*. Bangkok: Nok Airlines Company Limited. (in Thai)
- Nok Airlines Company Limited. (2015). *Landing performance chart*. Bangkok: Nok Airlines Company Limited. (in Thai)
- The Boeing Company. (2014). *737-800 flight crew Operations Manual Nok Airlines Company, Limited*. Washington: The Boeing Company.
- Vongviwat, P. (2014). Pre-flight planning. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 8(1), 1-9. (in Thai)
- Zhu, Y., Wang, J., Chen, Y., & Wu, Y. (2016). Calculation of takeoff and landing performance under different environments. *International Journal of Modern Physics: Conference Series*, 42, 1-12. <https://www.worldscientific.com/doi/10.1142/S2010194516601745>

