



การศึกษาการออกแบบสายพานลำเลียงที่เหมาะสมโดยวิธีการเศรษฐศาสตร์

โดย

นายธนุศิลป์ ลิ้มทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาการออกแบบสายพานลำเลียงที่เหมาะสมโดยวิธีการเศรษฐศาสตร์

โดย
นายธนุศิลป์ ลิ้มทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**THE STUDY OF OPTIMIZED CONVEYER DESIGN BY MEANS OF ECONOMICS
METHOD**

**By
Thanusil Limthong**

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF ENGINEERING

Department of Industrial Engineering and Management

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2011

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การศึกษาการออกแบบ
สายพานลำเลียงที่เหมาะสม โดยวิธีการเศรษฐศาสตร์” เสนอโดย นายธนศิลป์ ลิ้มทอง เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร.นิติพงศ์ โสภณพงศ์พิพัฒน์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ธีระศักดิ์ หุดากร)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติพงศ์ โสภณพงศ์พิพัฒน์)

...../...../.....

50405303 : สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

คำสำคัญ : ขนาดสายพานที่เหมาะสม / ต้นทุน / เศรษฐศาสตร์-วิศวกรรม

ธนุศิลป์ ลิ้มทอง : การศึกษาการออกแบบสายพานลำเลียงที่เหมาะสม โดยวิธีการ
เศรษฐศาสตร์, อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อ.ดร.นิติพงศ์ โสภณพงศ์พิพัฒน์. 99 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนสายพานลำเลียงโดยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์โดยทำการสร้างโปรแกรมใช้สำหรับคำนวณหาค่าต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเครื่องลำเลียงสายพานและต้นทุนค่าใช้จ่ายการดำเนินการ แล้วสรุปต้นทุนรวมของสายพานลำเลียงที่ต่ำสุดเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกขนาดสายพานตรงกับการใช้งานที่มีต้นทุนค่าติดตั้ง ต้นทุนดำเนินการ และต้นทุนค่าบำรุงรักษาที่ต่ำสุดซึ่งเหมาะสมและคุ้มค่ากับการลงทุน แล้วทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนที่ต่ำสุดในการออกแบบสายพานลำเลียง ผลของปริมาณการขนถ่ายที่มีผลต่อสัดส่วนต้นทุนรวมและผลของความยาวที่มีผลต่อสัดส่วนต้นทุน ในการวิเคราะห์พบว่าปริมาณการขนถ่ายจะมีผลต่อการกำหนดจุดที่ต่ำสุดของต้นทุน ในกรณีที่อัตราการขนถ่าย 50 ตันต่อชั่วโมง พบว่าต้นทุนสายพานที่ต่ำที่สุดจะขึ้นอยู่กับขนาดหน้ากว้างสายพานที่เล็กที่สุด และในกรณีที่อัตราการขนถ่ายมากกว่า 100 ตันต่อชั่วโมง จะพบว่าต้นทุนสายพานที่ต่ำสุดจะขึ้นอยู่กับจุดที่ต่ำที่สุดของต้นทุนรวม โดยที่ปัจจัยควบคุมคือส่วนของต้นทุนค่าพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนเมื่อปริมาณการขนถ่ายเพิ่มขึ้นพบว่าค่าสัดส่วนของส่วนของตัวรองรับ ส่วนของโครงสร้างเหล็ก ส่วนของสายพานและส่วนของค่าติดตั้งมีค่าแนวโน้มแปรผกผันกับปริมาณการขนถ่าย ค่าสัดส่วนของส่วนของต้นทุนค่าพลังงานมีค่าแนวโน้มแปรผันกับปริมาณการขนถ่าย และค่าสัดส่วนของส่วนของชุดขับเคลื่อนมีค่าแนวโน้มคงที่ จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนรวมมีการเปลี่ยนแปลง และเมื่อความยาวของสายพานเพิ่มขึ้น ค่าสัดส่วนของส่วนของตัวรองรับ ส่วนของโครงสร้างเหล็ก และส่วนของชุดขับเคลื่อนมีแนวโน้มลดลง ค่าสัดส่วนของส่วนต้นทุนค่าพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และค่าสัดส่วนของสายพาน ส่วนของค่าติดตั้ง มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนรวมมีการเปลี่ยนแปลง

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2554

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

50405303 : MAJOR : ENGINEERING MANAGEMENT

KEY WORD : DIMENSIONS OF OPTIMIZED CONVEYOR / TOTAL COST / ENGINEERING
ECONOMIC

THANUSIL LIMTHONG : THE STUDY OF OPTIMIZED CONVEYOR
DESIGN BY MEANS OF ECONOMICS METHOD. THESIS ADVISOR : NITIPONG
SOPONPONGPIPAT , Ph.D. 99 pp.

This research has an objective to study analysis the cost of belt conveyor by the method of economics. The program was created for calculating the cost associated with belt conveyor and the costs of operation. Then summarize the total costs of belt conveyor at the minimum rate to help for deciding the size matching with usage that including with cost of installation, costs of operation and maintenance costs at a minimum rate that suitable with cost-effective . Then analyze the factors affect to the minimum costs in designing conveyor. The volume of transfers that affect total cost and the length that affect to the cost. In analysis found that the amount of transfers will affect to the determination of the lowest cost. If the rate of loading 50 tons per hour found that the cost of belt conveyor at the minimum depends on the width of the smallest belt. In case that transfers more than 100 tons per hour found that the cost of belt conveyor depends on the lowest point of the total cost. The controlling factor is cost of energy that used in motion. When the volume of transfers increase we found that the proportion part of support, part of structural steel, part of belt and part of installation that were tended inversely proportional to the amount of transfers. The proportion of cost of energy were tended inversely proportional to the amount of transfers and the proportion of the drivers were tended constant. It is one factor that makes the total costs have changed. When the length of the belt increase we found that the proportion part of support, part of structural steel, part of drivers were tended to decrease. The proportion of cost of energy was tended to increase. In part of belt and installation were tended to constant. It is one factor that makes the total cost has changed.

Department of Industrial Engineering and Management Graduate School , Silpakorn University Academic Year 2011

Student's signature.....

Thesis Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ ดร.นิติพงศ์ โสภณพงศ์พิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ซึ่งกรุณามอบความรู้ คำปรึกษา ติดตามดูแล ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไข การทำปริญญานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ลงได้ ผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่เคยสั่งสอนอบรม และให้ความรู้แก่ศิษย์มาโดยตลอด

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนสำหรับความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ รวมไปถึงคำปรึกษาและกำลังใจที่มีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับบิดา มารดา ที่ให้กำเนิด และคอยเลี้ยงดูด้วยความเอาใจใส่ และคอยให้ความรัก อบรมบ่มนิสัยให้เป็นคนดีของสังคม คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนให้แก่ผู้จัดทำในทุก ๆ ด้านอย่างดีเสมอมา ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในบุญคุณอันยิ่งใหญ่นี้มาก จึงขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ประโยชน์ และความดีใดๆที่ได้จากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้แก่บุคคลที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งมีส่วนสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
รายการสัญลักษณ์.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	2
สมมุติฐาน.....	2
ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	2
ขั้นตอนการศึกษา.....	3
ระยะเวลาในการศึกษา.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบสายพานลำเลียง.....	5
หลักการทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเกี่ยวข้องกับต้นทุนระบบสายพานลำเลียง.....	27
รายการคำนวณหาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของ	
เครื่องลำเลียงสายพานจากการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตรวม (Total cost).....	28
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	36
รายละเอียดในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน.....	36
ศึกษาข้อมูลการออกแบบขนาดสายพาน และหลักการ	
วิธีการเศรษฐศาสตร์.....	36
ทำการศึกษาทดสอบข้อมูลโครงการที่มีการใช้งานสายพานลำเลียง.....	36

ทำการวิเคราะห์ตัวแปร ปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่าย จากขนาดสายพาน.....	36
ทำการคำนวณหาข้อมูลตัวแปรต่างๆที่ทำให้เกิดต้นทุน ค่าใช้จ่ายของขนาดสายพาน.....	36
ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลขนาดสายพานจาก วิธีการเศรษฐศาสตร์.....	37
ทำการวิเคราะห์ปรับปรุง แก้ไขตัวแปรต้นทุนต่างๆ.....	38
ทดสอบหลังการปรับปรุงแก้ไขตัวแปร.....	38
ทำการประเมิน และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้.....	38
สรุปผลการดำเนินงาน.....	38
4 ผลการดำเนินงานวิจัย.....	40
ความกว้างหน้าสายพานที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ – วิศวกรรม.....	40
ผลของความยาวสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพาน.....	46
ผลของอัตราการผลิตที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพาน.....	48
ผลของมุมเอียงที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพาน.....	50
ผลของการเพื่ออัตราการผลิตของสายพานให้มากกว่า ขนาดการใช้งานจริงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมที่ต่ำที่ สุดของสายพาน.....	52
5 สรุปผลงานวิจัย.....	56
บรรณานุกรม.....	58
ภาคผนวก.....	59
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการออกแบบสายพานการลำเลียง.....	60
ภาคผนวก ข ตารางคำนวณต้นทุนสายพานลำเลียง.....	69
ประวัติผู้วิจัย.....	99

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1	แสดงโครงสร้างของแผ่นยาง.....	8
2	แสดงขั้นตอนการออกแบบสายพานลำเลียง.....	14
3	กราฟดูต้นทุนรวมแต่ละขนาดสายพาน.....	38
4	แผนผังขั้นตอนการทำวิจัย.....	39
5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนรวมของสายพานกับความกว้างของสายพาน.....	42
6	ต้นทุนต่างๆ ที่เกิดขึ้นสำหรับสายพานที่อัตราการขนถ่าย 50 คันต่อชั่วโมง.....	45
7	ต้นทุนต่างๆ ที่เกิดขึ้นสำหรับสายพานที่อัตราการขนถ่าย 100 คันต่อชั่วโมง.....	46
8	ผลของความยาวสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นที่มุมเอียงต่างๆ.....	47
9	ผลของความยาวสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นที่มุมเอียงต่างๆ.....	48
10	ความสัมพันธ์ของต้นทุนย่อยของสายพานกับความยาวสายพาน.....	48
11	ผลของอัตราการขนถ่ายของสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นที่มุมเอียงต่างๆ.....	49
12	ผลของอัตราการขนถ่ายของสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นที่มุมเอียงต่างๆ	50
13	ผลของมุมเอียงของสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นที่อัตราการขนถ่ายต่างๆ	51
14	ผลของมุมเอียงของสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นที่อัตราการขนถ่ายต่างๆ.....	52
15	ความสัมพันธ์ของต้นทุนย่อยของสายพานกับมุมเอียงของสายพาน.....	52
16	ความสัมพันธ์ของต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่เพิ่มขึ้นกับอัตราการขนถ่ายของสายพานที่ใช้งานจริง เมื่อมีการออกแบบให้อัตราการขนถ่ายมีค่ามากกว่าการใช้งานจริง 50 คันต่อชั่วโมง (เพื่ออัตราการขนถ่ายขึ้น 50 คันต่อชั่วโมง) ในกรณีสายพานยาว 10 เมตร และมีมุมเอียง 0 องศา.....	54
17	ความสัมพันธ์ของต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่เพิ่มขึ้นกับอัตราการขนถ่ายของสายพานที่ใช้งานจริง เมื่อมีการออกแบบให้อัตราการขนถ่ายมีค่ามากกว่าการใช้งานจริง 50 คันต่อชั่วโมง (เพื่ออัตราการขนถ่ายขึ้น 50 คันต่อชั่วโมง) ในกรณีสายพานยาว	

	50 เมตร และมีมุมเอียง 0 องศา.....	54
18	ความล้มพันธ์ของต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่เพิ่มขึ้นกับอัตราการขนถ่ายของสายพาน ที่ใช้งานจริง เมื่อมีการออกแบบให้อัตราการขนถ่ายมีค่ามากกว่าการใช้งานจริง 50 คันต่อชั่วโมง (เพื่ออัตราการขนถ่ายขึ้น 50 คันต่อชั่วโมง) ในกรณีสายพานยาว 50 เมตร และมีมุมเอียง 30 องศา.....	55
19	ความล้มพันธ์ของต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่เพิ่มขึ้นกับอัตราการขนถ่ายของสายพาน ที่ใช้งานจริง เมื่อมีการออกแบบให้อัตราการขนถ่ายมีค่ามากกว่าการใช้งานจริง 50 คันต่อชั่วโมง (เพื่ออัตราการขนถ่ายขึ้น 50 คันต่อชั่วโมง) ในกรณีสายพานยาว 100 เมตร และมีมุมเอียง 30 องศา.....	55

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ระยะเวลาในการศึกษา.....	4
2 การเลือกใช้สายพานตามคุณภาพ.....	9
3 ความเร็วและกำลังม้ามาตรฐาน สำหรับความเร็วรอบที่ 1500 r/mim = 4 pole.....	12
4 ปริมาณการขนถ่ายวัสดุตามทฤษฎี (Q_m) ($m^3 s/h$) เมื่อ $V= 1 m/s$	19
5 สัมประสิทธิ์ความลาดเอียงของสายพานลำเลียง (k).....	19
6 ความหนาแน่นของวัสดุปริมาณมวล (r).....	20
7 ค่าของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานตามความยาวของสายพาน (C).....	21
8 ค่ามาตรฐานของสัมประสิทธิ์การติดตั้งสายพานลำเลียง (f).....	22
9 ค่าของ Values for $e^{\mu\alpha}$	22
10 ค่าของ Values for $1/(e^{\mu\alpha}-1)$	23
11 การเลือกขนาดของพูลเลย์ Selection of Minimum Pulley Diameter.....	23
12 รายละเอียดสายพานมาตรฐาน Standard Size of Flat Conveyor Belt.....	24
13 Power Rating Table for Double Reduction for Ratio 13:1 & 20:1 (KW).....	25
14 Weights of rotary parts of idlers in kg.....	26
15 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มสายพาน.....	37

รายการสัญลักษณ์

v	=	ความเร็วแล่นของสายพานลำเลียง (m/s)
Q	=	ปริมาณการขนถ่ายวัสดุ (t/h)
Q_m	=	อัตราการขนถ่ายต่อหน่วยความเร็วสายพาน ((m ³ /h)/(m/h))
k	=	สัมประสิทธิ์ความลาดเอียงของสายพานลำเลียง
r	=	ความหนาแน่นของวัสดุ (t/m ³)
P	=	แรงดึงตามแนวเส้นสัมผัสรอบวงของลูกกลิ้งขับสายพาน (N)
C	=	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานตามความยาวของสายพาน
f	=	สัมประสิทธิ์การติดตັงสายพานลำเลียงที่มีอัตราส่วนการเติมวัสดุ
L	=	ความยาวของสายพานลำเลียง (m)
g	=	แรงโน้มถ่วงจำเพาะบนโลก 9.81 m/s ²
Gg	=	น้ำหนักวัสดุขนถ่ายต่อเมตร (kg/m)
Gb	=	น้ำหนักสายพานต่อเมตร (kg/m)
T_{Upper}	=	ความหนาด้านบนของสายพาน (m)
T_{Lower}	=	ความหนาด้านล่างของสายพาน (m)
W_{Canvas}	=	น้ำหนักชั้นผ้าใบต่อตารางเมตร (kg/m ²)
d	=	มุมเอียงสายพาน (องศา)
G_{ro}	=	น้ำหนักชั้นส่วนที่เคลื่อนที่ด้านบน (kg/m)
$W_{Roll,Upper}$	=	น้ำหนักลูกพุงด้านบน (m)
$I_{Roll,Upper}$	=	ระยะห่างลูกกลิ้งด้านบน (m)
G_{ru}	=	น้ำหนักชั้นส่วนที่เคลื่อนที่ด้านล่าง (kg/m)
$W_{Roll,Lovwer}$	=	น้ำหนักลูกพุงด้านล่าง (m)
$I_{Roll, Lovwer}$	=	ระยะห่างลูกกลิ้งด้านล่าง (m)
H	=	ความสูงของสายพานลำเลียง (m)
Fl	=	ค่าแรงล่อขับไปสู่สายพาน (N)
Z	=	จำนวนชั้นเสริมภายในสายพาน เพื่อหาความสามารถของการรับแรง (ชั้น)
V_z	=	ค่าความปลอดภัยของสายพานเป็น 1.2 เท่า
B	=	ความกว้างของขนาดสายพานลำเลียง (m)
K_z	=	ความเค้นดึงของสายพานต่อชั้นเป็น (1.1 kg/cm ² = 1.1x10 ⁵ N/cm ²)

P_M	=	กำลังขับตรงเฟลามอเตอร์ (kW)
n	=	ประสิทธิภาพของระบบส่งกำลัง
HP_{Motor}	=	ขนาดมอเตอร์ที่ใช้ (HP)
ω_{Motor}	=	ความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ (Rad/s)
RPM_{Motor}	=	ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1450 r/min = 4 pole (r/min)
ω_{Roll}	=	ความเร็วเชิงมุมของลูกกลิ้ง (Rad/s)
D_{Roll}	=	ขนาดรัศมีลูกกลิ้งขับ (m)
FS_{Gear}	=	ค่าความปลอดภัยของเกียร์
$P_{catalog}$	=	จากการเอาค่าความเร็วสายพานที่ได้จากขนาดลูกกลิ้งไปเปิดตาราง
$\omega_{GB,input}$	=	ความเร็วด้านป้อนเข้าเกียร์บ็อก (rpm)
$Rt_{13:1}$	=	อัตราทดระหว่างมอเตอร์กับเกียร์บ็อกที่13:1
$D_{pulley,GB,input}$	=	ขนาดมุเลย์ของเกียร์บ็อก (m)
D_M	=	ขนาดมุเลย์ของมอเตอร์ (m)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมในปัจจุบันนี้มีการเคลื่อนย้ายขนถ่ายวัสดุซึ่งนิยมใช้ระบบสายพานการลำเลียงในการขนถ่ายวัสดุเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในเรื่องของการดำเนินการ ลดความผิดพลาดของงาน ลดเวลาในการทำงาน ได้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและเป็นการลงทุนครั้งเดียวที่มีระยะเวลาคุ้มทุนสั้นเช่น อุตสาหกรรมโรงสีข้าวแต่เดิมต้องใช้คนงานไม่ต่ำกว่า 10 คน ในการขนถ่ายข้าวซึ่งมีปัญหาในเรื่องของการควบคุมคนงาน เวลา ปริมาณการขนถ่ายและมีค่าใช้จ่ายสูงหลังจากที่มีการนำระบบสายพานลำเลียงมาใช้ในการขนถ่าย ทำให้ลดจำนวนคนงาน ลดความผิดพลาดของงาน ลดเวลาในการทำงาน และลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เป็นต้น โดยระบบสายพานการลำเลียงสามารถขนถ่ายวัสดุทั้งในแนวราบและแนวลาดเอียงซึ่งมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วนได้แก่สายพาน (Belt) ลูกกลิ้ง (Idlers) ล้อสายพาน (Pulleys) ชุดขับ (Drive) และโครงสร้าง (Structure)

ปัจจุบันไม่ว่าจะมีการลงทุนเพื่อสร้างโครงการใดๆในทางวิศวกรรม ผู้ลงทุนจะต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการอย่างถี่ถ้วนก่อนเสมอ โดยมักเสนอทางเลือกโครงการไว้หลาย ๆ โครงการเพื่อให้สามารถรองรับกับข้อจำกัด ข้อดี ข้อเสียแต่ละทางเลือกของโครงการ วิธีการที่จะให้ได้มาซึ่งโครงการที่ดีหรือเหมาะสมที่สุดก็จะต้องมีการประเมินเพื่อเลือกโครงการจากหลายๆโครงการ เพื่อให้ได้โครงการทางวิศวกรรมที่ดีที่สุด และแนวทางการประเมินแนวทางหนึ่งคือการพิจารณาหาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งหมายความว่าโครงการที่เลือกนั้นเป็นโครงการที่มีผลตอบแทนทางการเงินสูงสุด หรือเป็นโครงการที่มีความประหยัดต่อการลงทุนสูงสุด โดยที่โครงการนั้นยังตอบสนองวัตถุประสงค์ในทางวิศวกรรมอยู่ เช่น ด้านประสิทธิภาพของโครงการ สมรรถนะ กำลังการผลิต อายุการใช้งาน การประหยัดพลังงาน ผลตอบแทนทางการเงิน เงินลงทุนของโครงการ เป็นต้น

วิธีการหาค่าต้นทุนรวมต่ำสุดของระบบสายพานลำเลียง โดยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์ อีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งในปัจจุบันการออกแบบระบบสายพานลำเลียงในงานอุตสาหกรรมได้ใช้หลักการออกแบบทางทฤษฎีคำนวณที่มีอยู่ หรือจากการออกแบบจากผู้มีประสบการณ์ที่เคยทำทางด้านระบบลำเลียง จึงได้นำการศึกษาแบบทดลองมาเปรียบเทียบ จากสมการที่เป็นทางคณิตศาสตร์โดยพิจารณาจากการนำขนาดสายพานที่มีการใช้งานอยู่จริง และจากทางเชิงเศรษฐศาสตร์ที่ได้จากการนำขนาดสายพานนำมาเปรียบเทียบโดยคิดออกมาเป็นตัวเงิน อัตราราคาพลังงาน และขนาดสายพานลำเลียง ต้นทุนในการสร้างอุปกรณ์การทำงาน การบำรุงรักษาและ

อัตราส่วนมูลค่าการขายต่อหรือมูลค่าซากต่อต้นทุนเริ่มต้นของเครื่องสายพานลำเลียงและในส่วนหลังเป็นมูลค่าของต้นทุนรวมต่ำที่สุด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงการใช้งานจริงของระบบสายพานลำเลียงที่มีการเปรียบเทียบผลของการหาต้นทุนรวมต่ำสุดที่เหมาะสมในการออกแบบเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ในกรณีต่าง ๆ เพื่อที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและขนาดสายพานที่เหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์ของขนาดสายพานลำเลียงเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและตัดสินใจเลือกใช้นาที่ที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนสายพานลำเลียงโดยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
- 1.2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบสายพานลำเลียงที่เหมาะสมโดยวิธีการเศรษฐศาสตร์
- 1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาการออกแบบสายพานลำเลียงด้วยวิธีทางเศรษฐศาสตร์กับการออกแบบที่มีการใช้งานอยู่จริงในปัจจุบันและ การเปลี่ยนแปลงของค่าต้นทุนรวมต่ำที่สุดกับขนาดที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์โดยการนำระบบการลำเลียงสายพานเป็นตัวเปรียบเทียบผลการศึกษา

1.3 สมมุติฐาน

สายพานขนาดเล็กจะประหยัดในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแต่จะส่งผลให้เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่มากและมีอายุการใช้งานของสายพานสั้นลงในขณะที่สายพานที่มีขนาดใหญ่จะทำให้มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่สูง ค่าดำเนินการก็จะสูงขึ้นแต่จะเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาน้อยและมีอายุการใช้งานของสายพานยาวนาน ดังนั้นจึงมีจุดที่เหมาะสมที่ต่ำที่สุดทำให้คุ้มกับการลงทุน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาการขนถ่ายวัสดุในแนวราบและลาดเอียงในลักษณะการขนส่งในด้านบน
- 1.4.2 ศึกษาการขนถ่ายวัสดุที่มีปริมาณการขนถ่ายไม่เกิน 500 ตันต่อชั่วโมง
- 1.4.3 ศึกษาการขนถ่ายวัสดุที่มีระยะทางในการขนถ่ายไม่เกิน 100 เมตร
- 1.4.4 ใช้โปรแกรมประยุกต์ในการสร้างโปรแกรม คือ Microsoft Office Excel 2007
- 1.4.5 ในการคำนวณการออกแบบสายพานลำเลียงจะใช้ความเร็วรอบของมอเตอร์เท่ากับ 1450 rpm จากค่าทั่วไปที่ 1500 rpm

1.4.6 ในการคำนวณการออกแบบสายพานลำเลียงจะใช้เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของพู่เล่ย์ ลูกจับและลูกตามี่ 450 มิลลิเมตร

1.4.7 ในการคำนวณการออกแบบสายพานลำเลียงจะใช้ชนิดผ้าใบสายพานแบบ EP-125 เท่านั้น ตามความนิยมนตามท้องตลาดในปัจจุบัน

1.4.8 ในการคำนวณการออกแบบสายพานลำเลียงจะใช้หน้ากว้างสายพาน 9 ขนาด คือ 400 500 650 800 900 1050 1200 1400 และ 1500 เท่านั้น

1.4.9 ในการคิดต้นทุนจะคิดตลอดอายุโครงการโดยที่จะใช้อายุสายพานเป็นหลักตั้งแต่การเริ่มติดตั้งจนถึงสายพานไม่สามารถใช้งานได้

1.4.10 ในการคิดต้นทุนจะไม่คิดผลของอัตราดอกเบี้ยและอัตราเงินเฟ้อ

1.4.11 ใช้กรณีศึกษาในการเปรียบเทียบจากการใช้งานจริง และเปรียบเทียบกับทฤษฎีในการคำนวณวิธีการเศรษฐศาสตร์

1.4.12 พิจารณาในแง่ผลของขนาดสายพานที่เหมาะสม และต้นทุนรวมต่ำที่สุด

1.4.13 นำแบบตัวอย่างโครงการจริงที่เคยติดตั้งและใช้ขนาดสายพานจริงที่มีการใช้งานอยู่นำมาทำการศึกษา

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 รวบรวมข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนของสายพานและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 ศึกษาสมการคำนวณออกแบบขนาดสายพานด้วยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์

1.5.3 ยกตัวอย่างชนิดของสายพานลำเลียงมาทำการคำนวณหาผลลัพธ์

1.5.4 คำนวณหามูลค่าต้นทุนรวมตลอดอายุการใช้งานในแต่ละหน้ากว้างของเครื่องลำเลียงสายพานด้วยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์

1.5.5 วิเคราะห์ผลที่ได้ และสรุปผลและข้อเสนอแนะ

1.6 ระยะเวลาในการศึกษา

ตารางที่ 1 ระยะเวลาในการศึกษา

	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญ	↔					
ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	↔	→				
จัดเก็บและรวบรวมข้อมูล		↔	→			
วิเคราะห์ข้อมูล		↔	→	→		
สรุปผลการวิจัย				↔	→	→
นำเสนอผลงานวิจัย					↔	→
จัดทำบทความวิจัย	↔	→	→	→	→	→

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 สามารถทราบข้อมูลค่าต้นทุนรวมตลอดอายุการใช้งานในแต่ละหน้ากว้างของเครื่องลำเลียงสายพานและทราบขนาดสายพานที่เหมาะสมจากวิธีการทางเศรษฐศาสตร์

1.7.2 เข้าใจโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องลำเลียงสายพาน

1.7.3 สามารถนำแบบจำลองที่ได้ศึกษาไปประยุกต์ใช้กับงานขนถ่ายลำเลียงอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้

1.7.4 สามารถทราบข้อมูลค่าต้นทุนรวมต่ำที่สุดและทราบขนาดสายพานที่เหมาะสมจากวิธีการเศรษฐศาสตร์ของขนาดสายพานลำเลียง

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากเพื่อความเข้าใจในการศึกษาในเรื่องการวิเคราะห์ต้นทุนระบบสายพานการลำเลียง ซึ่งจะประกอบด้วยการออกแบบสายพานการลำเลียง(Flow chart) และการคิดต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเครื่องลำเลียงสายพาน และต้นทุนค่าใช้จ่ายการดำเนินการ การใช้งานเครื่องลำเลียงสายพาน ดังนั้นจึงขออธิบายความรู้จำเป็นพื้นฐานในการศึกษา ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นสามส่วน คือส่วนที่หนึ่งคือข้อมูลระบบสายพานลำเลียง ส่วนที่สองคือหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนระบบสายพานลำเลียง ส่วนที่สามคืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิเคราะห์ต้นทุน

2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบสายพานลำเลียง

สายพานลำเลียงเป็นสายพานที่เคลื่อนที่ต่อเนื่องตลอดเวลาใช้งาน โดยปลายทั้งสองข้างของสายพานจะต่อชนเข้าด้วยกัน ใช้สำหรับขนถ่ายวัสดุทั้งในแนวราบและแนวลาดเอียง(ขึ้น, ลง) ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน ได้แก่

สายพาน (Belt) เป็นส่วนรองรับวัสดุขนถ่ายและทำให้วัสดุขนถ่ายที่อยู่บนสายพานนั้นเคลื่อนที่ตามสายพานไปด้วย

ลูกกลิ้ง (Idlers) เป็นตัวรองรับสายพานอีกทีหนึ่ง ลูกกลิ้งนี้จะมี 2 ชนิด คือ ลูกกลิ้งด้านลำเลียงวัสดุ(Carrying Idlers) และลูกกลิ้งด้านสายพานกลับ (Return Idlers)

ล้อสายพาน (Pulleys) เป็นตัวรองรับ และขับสายพานและควบคุมแรงดึงในสายพาน

ชุดขับ (Drive) เป็นตัวส่งกำลังขับให้กับล้อสายพาน เพื่อขับสายพานและวัสดุขนถ่ายให้เคลื่อนที่

โครงสร้าง(Structure) เป็นส่วนรองรับและรักษาแนวของลูกกลิ้ง (Idlers) และล้อสายพาน (Pulleys) และรองรับเครื่องขับสายพาน

นอกจากส่วนประกอบหลักๆ ของระบบสายพานลำเลียงดังกล่าวข้างต้นแล้วยังต้องมีอุปกรณ์ช่วย (Accillary Equipment) อีกได้แก่

อุปกรณ์ปรับความตึงสายพาน (Belt take - ups) ทั้งแบบอัตโนมัติ และแบบใช้คนปรับ

อุปกรณ์ทำความสะอาด

ชุดป้องกันสายพานเสียหายได้รางป้อนวัสดุ (Tramp - Iron Protection)

ตัวส่งวัสดุออก (Trippers) และเครื่องกวาด (Plows)

ระบบป้องกันสภาพอากาศ (Weather Protection)

2.1.1 การใช้งานและข้อจำกัด

สายพานลำเลียงจะมีประโยชน์ในการขนถ่ายวัสดุประเภทผง (Pulverized), เมล็ด (Granular) และวัสดุก้อน (Lumpy) ก็ต่อเมื่อปริมาณวัสดุขนถ่ายมีมากพอถึงจุดคุ้มทุนและเส้นทางในการขนถ่ายอยู่ในแนวระนาบหรือลาดเอียง (ขึ้น, ลง)

ข้อจำกัดของสายพานลำเลียงได้แก่

อุณหภูมิ ต้องไม่สูงนักจนทำให้สายพานไหม้

ความลาดเอียง ต้องไม่ชันเกินไปจนทำให้วัสดุเลื่อนไหลลง

ระยะทางของจุดศูนย์กลาง (Center's Distance) จะต้องอยู่ภายในช่วงยึดตัวของสายพานที่ใช้

2.1.2 ความกว้างสายพานและ ความเร็วสายพาน

ความกว้างของสายพานโดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็นนิ้วหรือมิลลิเมตร ความกว้างของสายพานลำเลียงที่ผลิตในสหรัฐและแคนาดามีขนาด 14, 16, 18, 20, 24, 30, 36, 42, 54, 60, 72, 84, 96 และ 108 นิ้ว ในยุโรปความกว้างสายพานตามมาตรฐาน (DIN 22107) มีดังนี้: 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000 มิลลิเมตร โดยทั่วไป สำหรับความเร็วที่กำหนดค่าหนึ่ง ความกว้างสายพานเพิ่มจะทำให้อัตราขนถ่ายเพิ่มขึ้นด้วยอย่างไรก็ตาม ความกว้างสายพานอาจจะขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุขนถ่าย สายพานจะต้องกว้างพอที่จะลำเลียงทั้งวัสดุก้อนและวัสดุผง โดยวัสดุจะไม่อยู่ใกล้ขอบสายพานจนเกินไป

โดยเฉพาะขนาดด้านในของรางป้อนวัสดุ (Loading Chutes) และระยะระหว่างแผ่นกั้น (Skirt boards) ต้องมากพอที่วัสดุขนาดต่างๆจะผ่านไปได้ ขนาดวัสดุมีผลต่อรายละเอียดของสายพาน และการเลือกลูกกลิ้งด้านลำเลียงวัสดุ (Carrying Idlers) เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างขนาดวัสดุกับความกว้างสายพานคำแนะนำขนาดวัสดุใหญ่สำหรับความกว้างสายพานมีดังนี้

วัสดุก้อน 10% และวัสดุผง 90% ขนาดวัสดุใหญ่สุดคือ 1/3 ของความกว้างสายพาน (B/3)

วัสดุก้อนทั้งหมดไม่มีวัสดุผงขนาดวัสดุใหญ่สุดคือ 1/5 ของความกว้างสายพาน (B/5)

ความเร็วของสายพานลำเลียงที่เหมาะสมส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่จะขนถ่าย ปริมาณการขนถ่ายที่ต้องการและแรงดึงสายพาน

วัสดุที่เป็นผงควรขนถ่ายด้วยความเร็วต่ำ เพื่อให้ฝุ่นน้อยที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งจุดป้อนวัสดุและจุดปล่อยวัสดุวัสดุเปราะก็ต้องจำกัดความเร็วด้วยเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายที่จุดป้อนวัสดุและจุดปล่อยวัสดุขณะที่สายพานวัสดุกำลังเคลื่อนที่อยู่เหนือลูกกลิ้งสายพาน

วัสดุหนักและสมควรใช้ความเร็วสายพานพอประมาณเนื่องจากขอบคมจะทำให้ผิวของสายพานสึกหรอมากเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าความเร็วของการป้อนวัสดุในทิศทางเคลื่อนที่ของสายพานต่ำกว่าความเร็วของสายพานความเร็วที่ใช้กันทั่วไปของสายพานลำเลียง

ภายใต้สภาพการรับและเคลื่อนย้ายวัสดุสำหรับสายพานแอ่งที่กว้างกว่า 36 นิ้ว หรือ 900 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วมากกว่า 1000 ฟุตต่อนาที (5.1 เมตร / วินาที) (แม้ว่าอายุการใช้งานของยางหุ้มสายพานจะลดลง) สำหรับวัสดุผง, ทรายเปียก, ถ่านหิน, ดินก้อนไม่ใหญ่นัก และหินบด กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนสายพานและน้ำหนักบรรทุกทุกเป็นอีกส่วนหนึ่งที่จะต้องพิจารณา ณ ที่น้ำหนักบรรทุกที่ขอมได้ (ตันต่อชั่วโมง, TPH)

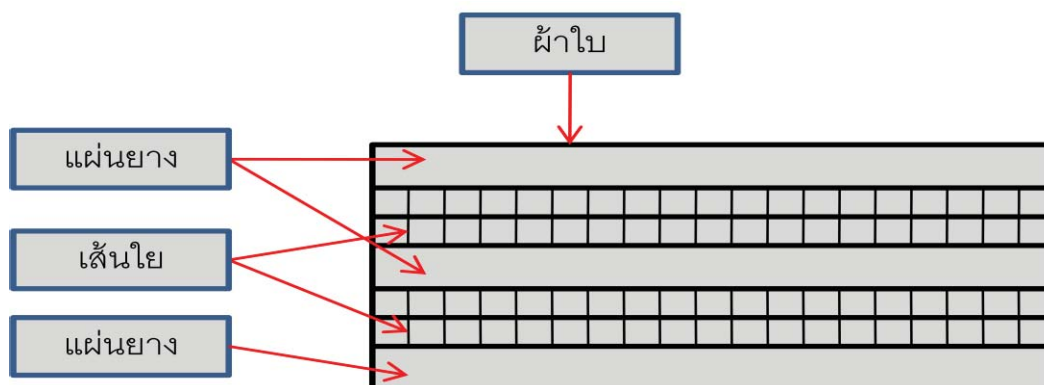
กำลังที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานขณะบรรทุกจะมากกว่ากำลังที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานเปล่ามากส่วนการเพิ่มความเร็วยังเล็กน้อยจะมีผลในการเพิ่มกำลังขับเคลื่อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

นอกจากนี้ยังต้องทำการปล่อยวัสดุออกที่เหนือล้อสายพานขึ้นมาพิจารณาด้วย ถ้าวัสดุแห้งละเอียดและความเร็วสายพานสูงจะทำให้วัสดุฟุ้งกระจายมาก แต่ถ้าเป็นวัสดุหนักก้อนใหญ่หรือถ้ามีขอบเป็นเหลี่ยมความเร็วยังต่ำอาจทำให้รางปล่อยวัสดุหรือรางเปลี่ยนทิศทางสึกหรอมากเกินไป

2.1.3 ชุดสายพาน

สายพานลำเลียงประกอบไปด้วยส่วนสำคัญหลายส่วนแต่ไม่มีส่วนใดมีความสำคัญทางเศรษฐศาสตร์มากเท่ากับตัวสายพานเอง โดยทั่วไปสายพานจะเป็นส่วนสำคัญส่วนแรกในการคิดราคาของชุดสายพานลำเลียง ดังนั้นจึงต้องเลือกโครงสร้างของสายพานอย่างรอบคอบสายพานประกอบไปด้วยส่วนประกอบมากมายแต่ละส่วนมีความสำคัญต่อการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพของสายพานลำเลียงทั้งสิ้น

2.1.3.1 แผ่นยางชั้นนอกของสายพานลำเลียงอาจประกอบด้วยยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์หรือทั้งสองอย่างผสมกัน คุณภาพของแผ่นยางชั้นนอกควรจะมีประสิทธิผลจากคุณลักษณะทางด้านกายภาพแต่ละระดับมากกว่าจะประเมินตามส่วนประกอบของยางจุดประสงค์แรกของแผ่นยางชั้นนอกคือ ป้องกันความเสียหายต่อโครงสายพาน(Belt Carcass) เนื่องจากวัสดุที่ทำการขนถ่ายดังนั้นแผ่นยางชั้นนอกด้านบนจะหนากว่าด้านล่างเนื่องจากด้านบนหรือด้านลำเลียง (Carrying Side) จะเป็นจุดศูนย์รวมของการสึกหรอ



ภาพที่ 1 โครงสร้างของแผ่นยาง

2.1.3.2 โครงสายพาน (Belt Carcass) จุดประสงค์แรกของโครงสายพานคือส่งผ่านแรงดึงตามความจำเป็นไปขับเคลื่อนสายพานและลดแรงกระแทกของวัสดุเมื่อวัสดุถูกปล่อยลงบนสายพาน โดยปกติโครงของสายพานจะประกอบด้วยชั้นของผ้า (Plies or Layers of Fabric) เชื่อมติดเข้าด้วยกันโดยความเสียดทานหรือเคลือบด้วยยางอย่างไรก็ตามโครงสายพานอาจประกอบด้วยผ้าใบสานกันชั้นเดียวหรือมีชั้นของเส้นด้าย (Cords) โดยทั่วไปผ้าหรือส่วน (Viscose Rayon), ไนลอน (โพลีเอไมด์) และไหมเทียม (โพลีเอสเตอร์) สำหรับสายพานที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษบางครั้งจะใช้แร่ใยหิน (Asbestos) และใยแก้ว

2.1.4 เกรดของสายพานและการใช้งาน

สายพานแบ่งออกเป็น 3 เกรด ดังนี้

สายพานเกรด 1 แผ่นยางชั้นนอกจะทำจากยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์หรือยางผสมยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์ สายพานแบบนี้จะมีความต้านทานของมีคมต้านทานต่อการเจาะเป็นร่องของแผ่นยางชั้นนอก สำหรับวัสดุที่เจาะจงและขนาดของวัสดุที่จะขนถ่ายสายพานเกรด 1 จะมีส่วนผสมของยางซึ่งเป็นผ้าพิเศษ เคลือบระหว่างชั้นเพื่อทำให้มีความแข็งแรงในการโค้งงอมากที่สุด

สายพานเกรด 2 แผ่นยางชั้นนอก (Covers) ทำมาจากยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ผสมกันระหว่างยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์หรือผสมกันระหว่างยางสังเคราะห์ด้วยกัน ทำให้มีความต้านทานต่อของมีคมได้ดีที่สุด แต่ความต้านทานการเจาะเป็นร่องสู่สายพานเกรด 1 ไม่ได้สายพานเกรด 2 จะมีส่วนผสมของยางซึ่งเป็นผ้าแบบพิเศษเคลือบระหว่างชั้น เพื่อให้มีความแข็งแรงในการโค้งงอในการใช้งานตามปกติดีเยี่ยม เมื่อใช้ล้อสายพานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เหมาะสมและที่สภาพการทำงานโดยรวมน้อยกว่าสายพานเกรด 1 สายพานเกรด 2 เหมาะกับงานที่มีความต้านทาน

ต่อการกระแทกในสภาพที่แผ่นยางชั้นนอกของเกรด 1 และเกรด 2 มีความหนาเท่ากัน หรือเมื่อเพิ่มความหนาของแผ่นยางชั้นนอกของสายพานเกรด 2 เพื่อให้ประหยัดกว่าใช้สายพานเกรด 1

สายพานเกรด 3 ใช้กับงานเบาๆ ซึ่งแผ่นยางชั้นนอกมีความต้านทานการสึกกร่อนพอประมาณและวัสดุที่ทำการขนถ่ายมีคุณสมบัติการตัด (Cutting) ถ้าสายพานเกรด 3 ไม่มียางเคลือบระหว่างชั้นสภาพการใช้งานจำกัด ไม่ต้องการความแข็งแรงในการโค้งงอสูงเหมือนเกรด 1 และ 2

ตารางที่ 2 การเลือกใช้สายพานตามคุณภาพ

ข้อได้เปรียบหลัก				
เกรด	ความต้านทานการฉีกขาด	ความต้านทานการสึกกร่อน	ความต้านทานต่อน้ำมัน	การใช้งานโดยทั่วไป
ลักษณะงานทั่วไป				
เกรด 1	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	ไม่แนะนำให้ใช้	แรงขนาดใหญ่, วัสดุมีคม ใช้งานที่เต็มไปด้วยความลำบาก
เกรด 2	ดี	ดีเยี่ยม	ไม่แนะนำให้ใช้	วัสดุคัตขนาด ความคมน้อย ใช้งานหนัก
เกรด 3	เลว	ดี	จำกัด	วัสดุขนาดเล็ก ใช้งานเบา โดยทั่วไป
สำหรับงานเกี่ยวกับน้ำมันและสารเคมี				
ความต้านทานต่อน้ำมัน Chloroprene (ปกติเรียกว่า Neoprene)	ดี	ดีมาก	ดีมากสำหรับน้ำมัน-ปิโตรเลียม พอใช้สำหรับน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์	ถ่านหินพรมน้ำมันหนัก(น้ำมันปิโตรเลียมหอมถึง20% น้ำมันดีเซลเบอร์2) วัสดุที่มีส่วนผสมของน้ำมันปิโตรเลียมในปริมาณมาก
ความต้าน	ดี	ดี	ดีมากสำหรับ	เมล็ดพืชที่มีน้ำมัน(ถั่วเหลือง,

ทานต่อ น้ำมัน Buna N			น้ำมัน ปิโตรเลียม น้ำมันพืช น้ำมัน สัตว์	ข้าวโพดบด ฯลฯ)ขนถ่ายอาหาร ถ่านหินพรมน้ำมันหล่อลื่น (น้ำมันปิโตรเลียมหอมถึง 40% น้ำมันให้ความร้อนเบอร์ 20)
ความต้านทานต่อ น้ำมัน หนักปานกลาง	ดี	ดี	จำกัดสำหรับ น้ำมัน ปิโตรเลียม น้ำมันพืช และสัตว์	ถ่านหินพรมน้ำมันเบา เมล็ดพืช ที่มี น้ำมันปานกลาง เศษไม้ ฟอสเฟต
สำหรับงานที่วัสดุร้อน				
วัสดุร้อน เกรด 1	ดี	มาก	จำกัด	งานวัสดุร้อนทั่วไปวัสดุละเอียด ไม่เกิน 150 องศาเซลเซียสวัสดุ ก้อนไม่เกิน 190 องศาเซลเซียส ในบางครั้งวัสดุก้อน ร้อนแดงก็จะใช้ฐานเดียวกับ วัสดุละเอียด
วัสดุร้อน เกรด 2	ดี	ดีเยี่ยม	จำกัด	วัสดุร้อนโดยทั่วไปวัสดุละเอียด ไม่เกิน 120 องศาเซลเซียส บางครั้งวัสดุก้อนร้อน ไม่เกิน 175 องศาเซลเซียส
วัสดุร้อน Butyl	ดี	พอใช้	พอใช้ถึงแย่ สำหรับ ปิโตรเลียม สำหรับ น้ำมันพืชและ สัตว์	วัสดุร้อนโดยทั่วไปวัสดุละเอียด ไม่เกิน 160 องศาเซลเซียส วัสดุ ก้อนไม่เกิน 200 องศาเซลเซียส

2.1.5 มาตรฐานมอเตอร์

สำหรับระบบขนถ่ายจะต้องมีการหาความต้องการกำลังม้าขึ้นพื้นฐาน การเลือกมอเตอร์สำหรับชุดขับจะขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์มากมายประกอบด้วยคุณลักษณะเฉพาะของการสตาร์ท ประเภท และแรงเคลื่อนไฟฟ้าของแหล่ง ส่งจ่ายกำลัง สภาพบรรยากาศ และสภาวะล้อมรอบความเร็วคงที่ หรือปรับความเร็วได้

มาตรฐานสำหรับมอเตอร์ปกติจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับตามสภาวะแวดล้อมไฟฟ้าและกลไก

2.1.5.1 สภาวะแวดล้อม ผู้ผลิตมอเตอร์และสำนักงานมาตรฐานได้ตกลงกันเรื่อง สภาวะแวดล้อมมาตรฐานหรือสภาวะแวดล้อมปกติ การใช้งานมอเตอร์ส่วนใหญ่จะแจ้งไว้บน ปเล็อกหุ้ม กำหนดโดยมาตรฐานเหล่านั้น และมาตรฐานทั้งหมดได้ออกแบบมา เพื่อให้เหมาะกับการใช้งานภายใต้สภาวะเหล่านั้น สภาวะแวดล้อมมาตรฐาน ได้แก่

- a. อุณหภูมิล้อมรอบระหว่าง 10 องศาเซลเซียสถึง 40 องศาเซลเซียส
- b. ความสูงไม่เกิน 3,300 ฟุต (1,005.84 เมตร) ไม่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลไม่อยู่ในสภาพความกดดัน หรืออยู่ในอวกาศซึ่งจะมีผลต่อความดันภายนอกตามขีดจำกัดนี้
- c. ตำแหน่งที่ติดตั้งซึ่งทำให้การหมุนเวียนของอากาศระบายความร้อนที่แห้งและสะอาดเป็นไป อย่างอิสระและไม่ถูกจำกัดขอบเขต
- d. ตำแหน่งที่ติดตั้งภายใต้เงื่อนไขทางเข้าสำหรับการตรวจสอบอย่างละเอียด การหล่อลื่น และการบำรุงรักษาเป็นครั้งคราว

2.1.5.2 เกี่ยวกับไฟฟ้าได้มีการกำหนดแนวทางและขีดจำกัดสำหรับ

- a. กระแสในแกนหมุน (Rotor) คงที่
- b. แรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงได้
- c. ความถี่เปลี่ยนแปลงได้
- d. อุณหภูมิสูงขึ้นและมีฉนวนหุ้ม

2.1.5.3 เกี่ยวกับกลไก สมรรถนะของมอเตอร์มีความสัมพันธ์ของความเร็วและแรงบิดการประยุกต์มอเตอร์ ให้เป็นเครื่องจักรหรือเป็นอุปกรณ์ตัวหนึ่งความเร็วและแรงบิดที่ต้องการโดยที่เครื่องจักรต้องรู้เมื่อลากเส้นความเร็วเทียบกับแรงบิดของมอเตอร์จะได้สมรรถนะของชุดขับ นอกจากนี้ยังสามารถที่จะพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงภาระหรือแรงบิดซึ่งจะมีผลต่อ

สมรรถนะ มีการกำหนดมาตรฐานสำหรับเส้นโค้งแรงบิด (Torque Curves) กำลังม้าและความเร็ว Short-time Ratings โครงฝาครอบ (Enclosures) โครงร่างแฟลคเตอร์การใช้งาน และอื่นๆ ตารางต่อไปนี้จะแสดงความเร็วที่สอดคล้องกันสำหรับกำลังม้าต่าง ๆ

ตารางที่ 3 ความเร็วและกำลังม้ามาตรฐาน สำหรับความเร็วรอบที่ 1500 r/min = 4 pole

Output Kw	Type Designation M2QA	Speed r/min	Efficiency		Power Factor $\cos\phi$	Current		T orque			Moment Of inertia J=GD2/4 Kgm ²	Weight Kg	Sound Pressure Level Lp dB(A)
			Full load 100%	3/4 load 75%		I _N A	I _S I_N	T _N Nm	T _S T_N	T _{MAX} T_N			
1500 r/min = 4 pole380v 50 HzBasic design													
0.25	71M4A	1385	66.0	63.28	0.74	0.78	5.2	1.71	2.1	2.0	0.00053	11	43
0.37	71M4B	1385	69.0	69.38	0.78	1.05	5.2	2.53	2.1	2.0	0.00066	11	45
0.55	80M4A	1400	73.5	71.39	0.75	1.52	5.2	3.73	2.4	2.0	0.000145	16	46
0.75	80M4B	1405	74.5	75.15	0.78	1.97	6.0	5.06	2.4	2.2	0.00174	17	46
1.1	90S4A	1390	77.0	77.82	0.80	2.72	6.0	7.50	2.3	2.2	0.00254	21	52
1.5	90L4A	1380	78.5	79.16	0.80	3.64	6.0	10.31	2.3	2.2	0.00317	25	52
2.2	100L4A	1420	81.5	82.32	0.83	4.98	6.0	14.69	2.3	2.2	0.00679	32	53
3	100L4B	1410	82.5	82.51	0.85	6.5	6.5	20.18	2.3	2.2	0.00862	36	53
4	112M4A	1420	84.5	84.63	0.84	8.57	6.5	26.71	2.3	2.2	0.01306	45	56
5.5	132S4A	1430	85.5	87.07	0.87	11.43	6.5	36.73	2.3	2.2	0.02673	60	59
7.5	132M4A	1430	88.0	88.26	0.85	15.2	6.5	49.74	2.3	2.2	0.03423	73	59
11	160M4A	1455	89.5	90.01	0.87	21.46	6.5	71.95	2.4	2.8	0.06543	116	66
15	160L4A	1452	90.0	90.38	0.88	28.78	6.5	98.12	2.3	2.4	0.09349	137	66
18.5	180M4A	1465	91.0	90.88	0.88	35.10	6.5	120.2	2.3	3.0	0.16049	170	66
22	180L2A	1465	91.5	89.98	0.90	40.59	6.5	142.9	2.4	3.0	0.18046	186	66
30	200L4A	1465	92.3	91.83	0.89	55.47	6.5	194.9	2.2	2.8	0.2819	254	71
37	225S4A	1475	92.3	91.16	0.85	71.42	7.0	238.8	2.2	2.8	0.37	308	73
45	225M4A	1475	92.6	91.66	0.88	84.68	7.0	290.4	2.2	2.8	0.42	335	73
55	250M4A	1477	93.2	91.30	0.88	102.8	7.0	357.9	2.4	3.0	0.78	450	76
75	280S4A	1475	93.8	93.90	0.88	138.0	6.5	484	2.4	2.6	1.10	534	78
90	280M4A	1475	94.1	94.60	0.88	165.1	7.2	580.7	2.3	2.8	1.35	592	78
110	315S4A	1483	94.5	93.51	0.89	199.0	6.9	706.9	2.1	2.2	2.8596	930	80
132	315M4A	1483	94.8	94.01	0.89	238.0	6.9	848.3	2.1	2.2	3.1848	1030	80
160	315L4A	1483	94.9	94.51	0.90	285.0	6.9	1029	2.1	2.2	3.6765	1050	86
200	315L4B	1482	95.0	94.18	0.90	355.0	7.1	1286	2.2	2.2	4.2516	1100	86
250	355M4A	1488	95.3	94.50	0.91	440.4	6.9	1594	2.1	2.2	6.77	1546	87
315	355L4A	1488	95.6	94.83	0.91	553.2	7.0	2008	2.1	2.3	8.2	1821	87

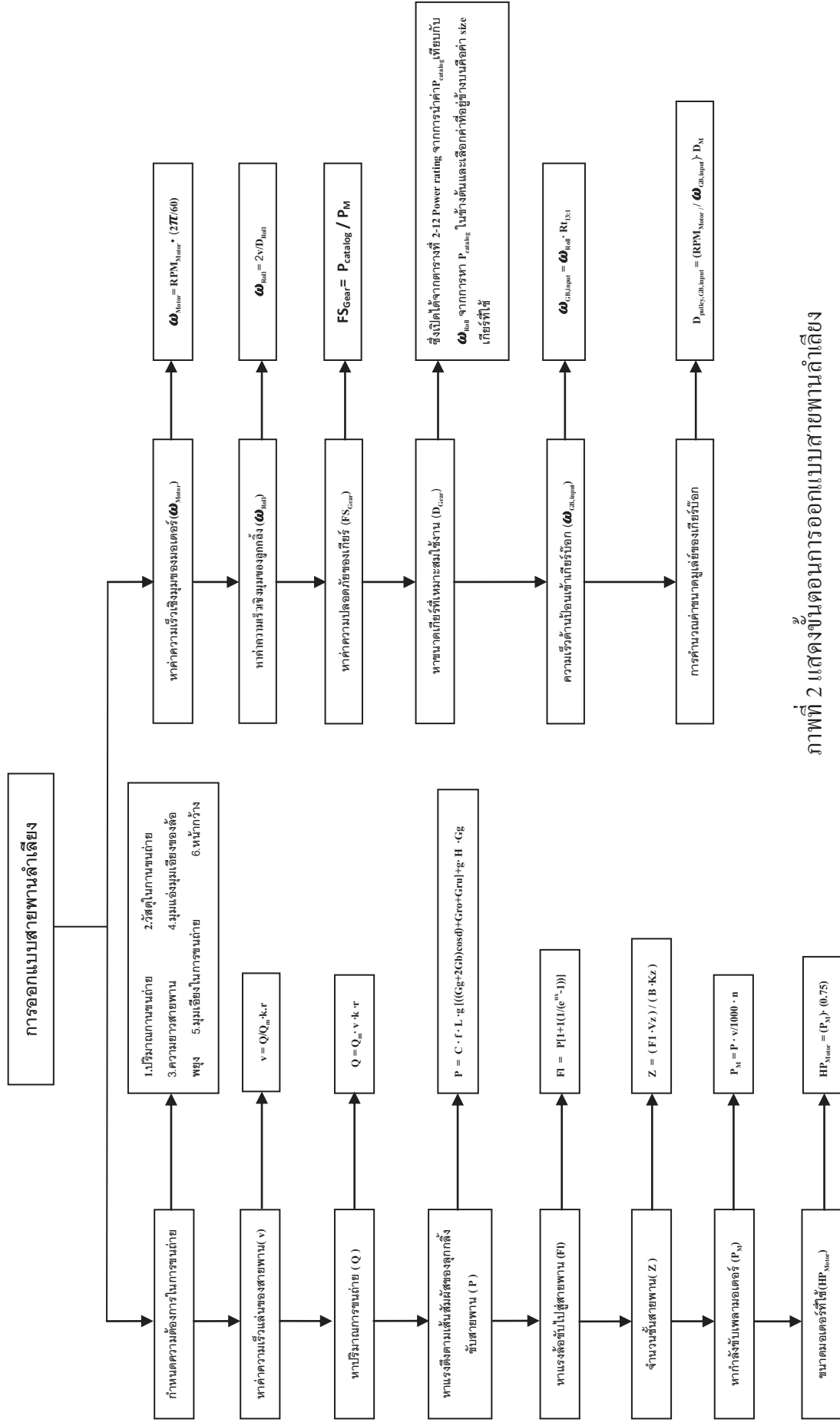
2.1.6 การคำนวณในระบบสายพานลำเลียง

การวางแผนเพื่อออกแบบระบบสายพานลำเลียงจะเริ่มจากการเก็บข้อมูลต่างๆเพื่อกำหนดเงื่อนไขของสายพานลำเลียง ข้อมูลที่จำเป็นจะต้องทราบได้แก่ ปริมาณการขนถ่ายวัสดุ(ต่อวันหรือต่อชั่วโมง ปริมาณการขนถ่ายวัสดุ) รายละเอียดของวัสดุตามธรรมชาติ(ชนิดของวัสดุ เช่น ผิวน้ำดิน ทราย ถ่านหิน สีนแร่) รูปทรงของวัสดุ(กลม เหลี่ยม หรือแหลมคม) ความหนาแน่นของวัสดุ ปริมาณมวล และวิธีการป้อนวัสดุ(แบบต่อเนื่องหรือแบบเป็นช่วงๆ) รายละเอียดที่ต้องทราบเหล่านี้ จะใช้ในการคำนวณกำลังขับเคลื่อนของสายพานลำเลียงตามความเร็วที่เลือกใช้งาน ความเร็วสูงสุดของสายพานลำเลียงจะมีผลให้แรงดึงของสายพานลำเลียงมีค่าต่ำสุดในทุกกรณี และส่วนใหญ่จะอยู่ในกรณีสายพานลำเลียงมีความกว้างน้อยหรือหน้าแคบซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุปริมาณมวลที่ต้องการจะขนถ่าย โดยจะต้องแน่ใจว่ามีขนาดไม่เกินความกว้างของสายพานลำเลียง ในกรณีที่เกิดความไม่แน่ใจขึ้นมา วิศวกรขนถ่ายวัสดุจะทำการคำนวณเพื่อให้ได้คำตอบที่สอดคล้องกับทุกสถานการณ์มากที่สุดสำหรับความต้องการที่มีลักษณะพิเศษโดยเฉพาะ และจุดมุ่งหมายของการจัดเตรียมโครงสร้างสายพานลำเลียงก็เพื่อให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะทำให้สายพานลำเลียงมีอายุการใช้งานยืนยาวนานภายใต้สภาวะการณ์ที่เกิดขึ้นตามลำดับขั้นตอนการคำนวณ

จากภาพที่ 2-3 มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบค่าและขนาดของสายพานลำเลียงโดยรับค่าต่างๆ ดังนี้

1. รับค่าที่ใช้ในการออกแบบดังนี้

- 1.1 ปริมาณการขนถ่าย
- 1.2 วัสดุในการขนถ่าย
- 1.3 ความหนาแน่นของวัสดุ
- 1.4 มุมแอ่งหรือมุมเอียงของล้อพวง
- 1.5 ความยาวสายพาน
- 1.6 สัมประสิทธิ์การติดตั้งสายพาน
- 1.7 ชนิดผ้าใบแบบ
- 1.8 มุมเอียงในการขนถ่าย
- 1.9 หน้ากว้างสายพาน



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการออกแบบสายพานลำเลียง

2. การคำนวณค่าความเร็วแล่นของสายพาน (m/s) หาได้จากค่า

$$v = Q / Q_m \cdot k \cdot r \quad (2.1)$$

v = ความเร็วแล่นของสายพานลำเลียง (m/s)

Q = ปริมาณการขนถ่ายวัสดุ (t/h)

Q_m = อัตราการขนถ่ายต่อหน่วยความเร็วสายพาน ((m³/h)/(m/h)) ได้จากตารางที่

2-3 ที่หน้ากว้างสายพานลำเลียงเทียบกับมุมเอียงในการขนถ่าย

k = สัมประสิทธิ์ความลาดเอียงของสายพานลำเลียง ได้จากตารางที่ 2-4

สัมประสิทธิ์ความลาดเอียงของสายพานลำเลียง

r = ความหนาแน่นของวัสดุ (t/m³) ได้จากตารางที่ 2-5 ความหนาแน่นของ

วัสดุปริมาณมวล

3. การคำนวณหาค่าปริมาณการขนถ่ายได้จากสมการ

$$\text{ซึ่งหาได้จากสมการ} \quad Q = Q_m \cdot v \cdot k \cdot r \quad (2.2)$$

ใช้ค่าในการคำนวณดังนี้

Q = ปริมาณการขนถ่ายวัสดุ (t/h)

Q_m = อัตราการขนถ่ายต่อหน่วยความเร็วสายพาน ((m³/h)/(m/h)) ได้จากตาราง

ที่ 2-3

v = ความเร็วแล่นของสายพานลำเลียง (m/s) จากสมการที่ (2.1)

k = สัมประสิทธิ์ความลาดเอียงของสายพานลำเลียง ได้จากตารางที่ 2-4

สัมประสิทธิ์ความลาดเอียงของสายพานลำเลียง

r = ความหนาแน่นของวัสดุ (t/m³) ได้จากตารางที่ 2-5 ความหนาแน่นของ

วัสดุปริมาณมวล

4. การคำนวณค่าแรงตามเส้นสัมผัสของลูกกลิ้งขับเคลื่อนสายพานจากสมการดังนี้

$$\text{ซึ่งหาได้จากสมการ} P = C \cdot f \cdot L \cdot g [((Gg+2Gb)\cos\alpha)+Gro+Gru]+g \cdot H \cdot Gg \quad (2.3)$$

ค่าที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

P = แรงดึงตามแนวเส้นสัมผัสรอบวงของลูกกลิ้งขับเคลื่อนสายพาน (N)

C = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานตามความยาวของสายพาน ได้จากตารางที่ 2-6

ค่าของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานตามความยาวของสายพาน

f = สัมประสิทธิ์การติดตั้งสายพานลำเลียงที่มีอัตราส่วนการเติมวัสดุ ได้จาก

ตารางที่ 2-7 ค่ามาตรฐานของสัมประสิทธิ์การติดตั้งสายพานลำเลียง (f) ที่มีอัตราส่วนการเติมวัสดุ

(k) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.7-1.0 (DIN 22101)

L = ความยาวของสายพานลำเลียง (m) ได้จากพื้นที่จริง

g = แรงโน้มถ่วงจำเพาะบนโลก 9.81 m/s^2

Gg = น้ำหนักวัสดุขนถ่ายต่อเมตร (kg/m) ได้จากปริมาณการขนถ่ายคูณกับ

ความเร็วแล่นของสายพาน ($Gg = Q/(3.6)v$) ซึ่ง (ตัวเลข 3.6 คือตัวคงที่ที่ใช้เปลี่ยนหน่วยชั่วโมงเป็นวินาที)

Gb = น้ำหนักสายพานต่อเมตร (kg/m) ได้จากจาก $[(T_{Upper} + T_{Lower}) \cdot 1.14 \cdot B] \cdot [(W_{Canvas} \cdot B)]$

d = มุมเอียงสายพาน (องศา)

G_{ro} = น้ำหนักชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ด้านบน (kg/m) หาได้จาก น้ำหนักลูกพวงด้านบน (ตารางที่ 2-13) หารกับระยะห่างลูกกลิ้งด้านบน ($W_{Roll, Upper} / I_{Roll, Upper}$)

G_{ru} = น้ำหนักชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ด้านล่าง (kg/m) หาได้จาก น้ำหนักลูกพวงด้านล่าง (ตารางที่ 2-13) หารกับระยะห่างลูกกลิ้งด้านล่าง ($W_{Roll, Lower} / I_{Roll, Lower}$)

H = ความสูงของสายพานลำเลียง (m) ได้จากมุมเอียงสายพานคูณกับความยาวสายพาน ($\sin(d) \cdot L$)

5. การคำนวณค่าแรงล้อยับไปสู่สายพาน (FI)

ซึ่งหาได้จากสมการ $FI = P[1 + 1/(e^{ux} - 1)]$ (2.4)

ค่าที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

FI = ค่าแรงล้อยับไปสู่สายพาน

P = แรงดึงตามเส้นสัมผัสของลูกกลิ้งขับสายพาน (N) ได้จากสมการที่ (2.3) $(1/(e^{ux} - 1))$ ค่ามุมโอเวอร์หว่างสายพานลำเลียงกับลูกกลิ้งขับมุมที่ใช้ 180 องศาเปิดตารางที่ 2-9

6. การคำนวณค่าจำนวนชั้นสายพาน (Z)

ซึ่งหาได้จากสมการ $Z = (FI \cdot Vz) / (B \cdot Kz)$ (2.5)

ค่าที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

Z = จำนวนชั้นเสริมภายในสายพานเพื่อหาความสามารถของการรับแรง(ชั้น)

FI = แรงล้อยับไปสู่สายพาน (N) ได้จากสมการที่ (2.4)

Vz = ค่าความปลอดภัยของสายพานเป็น 1.2 เท่า

B = ความกว้างของขนาดสายพานลำเลียง (m)

Kz = ความเค้นดึงของสายพานต่อชั้นเป็น $(1.1 \text{ kg/cm}^2 = 1.1 \times 10^5 \text{ N/cm}^2)$

7. การหาค่าลึงขับตรงเพลมอเตอร์ได้จากสมการดังนี้

ซึ่งหาได้จากสมการ $P_M = (P \cdot v) / (1000 \cdot n)$ (2.6)

ค่าที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

P_M = กำลังขับตรงเพลามอเตอร์ (kW)

P = แรงดึงตามแนวเส้นสัมผัสรอบวงของลูกกลิ้งขับสายพาน (N) ได้จากสมการที่(2.3)

v = ความเร็วแล่นของสายพานลำเลียง(m/s) ได้จากสมการที่(2.1)

n = ประสิทธิภาพของระบบส่งกำลัง(คิดค่าเผื่อ 15% จากค่าที่ใช้คือ 85%)

8. การคำนวณค่าขนาดมอเตอร์ที่ใช้ (HP_{Motor})

ซึ่งหาได้จากสมการ $HP_{Motor} = (P_M) \cdot (0.75)$ (2.7)

ค่าที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

HP_{Motor} = ขนาดมอเตอร์ที่ใช้ (HP)

P_M = กำลังขับตรงเพลามอเตอร์ (kW) ได้จากสมการที่ (2.6)

(ตัวเลข 0.75 คือตัวคงที่ที่ใช้เปลี่ยนหน่วยกิโลวัตต์เป็นแรงม้า)

9. การคำนวณค่าความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์(ω_{Motor})

ซึ่งหาได้จากสมการ $\omega_{Motor} = RPM_{Motor} \cdot (2\pi/60)$ (2.8)

ω_{Motor} = ความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์(Rad/s)

RPM_{Motor} = ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1450 r/min = 4 pole (r/min)

10. การคำนวณค่าความเร็วเชิงมุมของลูกกลิ้ง (ω_{Roll})

ซึ่งหาได้จากสมการ $\omega_{Roll} = 2v/D_{Roll}$ (2.9)

ค่าที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

ω_{Roll} = ความเร็วเชิงมุมของลูกกลิ้ง (Rad/s) การเปลี่ยนหน่วย Rad/s เป็น rpm

ด้วยการคูณ $60/2\pi$

D_{Roll} = ขนาดรัศมีลูกกลิ้งขับ (mm.)

v = ความเร็วแล่นของสายพานลำเลียง (m/s) ได้จากสมการที่ (2.1)

11. การคำนวณค่าความปลอดภัยของเกียร์ (FS_{Gear})

ซึ่งหาได้จากสมการ $FS_{Gear} = P_{catalog} / P_M$ (2.10)

ค่าที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

FS_{Gear} = ค่าความปลอดภัยของเกียร์

$P_{catalog}$ = จากการเอาค่าความเร็วสายพานที่ได้จากขนาดลูกกลิ้งไปเปิดตารางที่ 2-12

P_M = ขนาดมอเตอร์ (kW) ที่ได้จากสมการที่ (2.6)

(P_{catalog} ได้มาจาก ω_{Roll} จากสมการ 2.9 (ที่แปลงหน่วย Rad/s มาเป็น rpm) แล้วเปิดตาราง Power rating ที่ 2-12 คูณในช่อง Output (rpm) เทียบกับ P_M ขนาดมอเตอร์ที่ใช้ในหน่วย kW จากสมการที่ 2.4 ที่อยู่ในช่อง size เลือกค่าที่มากกว่า P_M และเลือกค่านั้นเป็นค่า P_{catalog})

12. หาขนาดเกียร์ที่เหมาะสมใช้งาน (D_{Gear})

ซึ่งเปิดได้จากตารางที่ 2-12 Power rating จากการนำค่า P_{catalog} เทียบกับ ω_{Roll} จากการหา P_{catalog} ในข้างต้นและเลือกค่าที่อยู่ข้างบนคือค่า size เกียร์ที่ใช้

13. ความเร็วด้านป้อนเข้าเกียร์บ็อก ($\omega_{\text{GB,input}}$)

ซึ่งหาได้จากสมการ $\omega_{\text{GB,input}} = \omega_{\text{Roll}} \cdot R_{t_{13:1}}$ (2.11) ค่าที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

$\omega_{\text{GB,input}}$ = ความเร็วด้านป้อนเข้าเกียร์บ็อก (rpm)

$R_{t_{13:1}}$ = อัตราทดระหว่างมอเตอร์กับเกียร์บ็อกที่ 13:1

ω_{Roll} = ความเร็วเชิงมุมของลูกกลิ้ง (Rad/s)

14. การคำนวณค่าขนาดมุขของเกียร์บ็อก ($D_{\text{pulley,GB,input}}$)

ซึ่งหาได้จากสมการ $D_{\text{pulley,GB,input}} = (\text{RPM}_{\text{Motor}} / \omega_{\text{GB,input}}) \cdot D_M$ (2.12)

ค่าที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

$D_{\text{pulley,GB,input}}$ = ขนาดมุขของเกียร์บ็อก (mm)

D_M = ขนาดมุขของมอเตอร์ (mm) (ใช้ที่ขนาด 160-200 mm.)

$\text{RPM}_{\text{Motor}}$ = ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1450 r/min = 4 pole (r/min)

$\omega_{\text{GB,input}}$ = ความเร็วด้านป้อนเข้าเกียร์บ็อก (rpm)

ตารางที่ 4 ปริมาณการขนถ่ายวัสดุตามทฤษฎี (Q_m) ((m^3/h)/(m/h))เมื่อ $V = 1$ m/s

ความกว้าง ของสาย พาน ลำเลียง (ม.ม.)	สาย พาน แบน	ลักษณะ การติดตั้ง ล้อพุง 3 ล้อ ตาม DIN 22107	ปริมาณการ ขนถ่าย แนวราบ เมื่อ $v = 1$ m/s	มุมแอ่งหรือมุมเอียงของล้อพุง(องศา)					
				20	25	30	35	40	45
400	23		165	15	21	28	32	36	39
500	38		200	74	80	87	91	95	98
650	69		250	133	144	156	164	172	176
800	108		315	208	227	244	258	269	276
1050	173		380	336	365	394	415	434	445
1200	255		465	494	537	580	610	638	654
1400	351		530	680	738	798	840	878	900
1500	464		600	898	976	1055	1110	1160	1190

ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์ความลาดเอียงของสายพานลำเลียง (k)

ความลาดเอียง (องศา)	H/L	K
2	0.035	1.0
4	0.070	0.99
6	0.105	0.98
8	0.104	0.97
10	0.174	0.95
12	0.208	0.93
14	0.242	0.91
16	0.276	0.89
18	0.310	0.85
20	0.042	0.81

ความลาด เอียง (องศา)	H/L	K
21	0.358	0.78
22	0.375	0.76
23	0.391	0.73
24	0.407	0.71
25	0.423	0.68
26	0.454	0.66
27	0.454	0.64
28	0.469	0.61
29	0.485	0.59
30	0.500	0.56

ตารางที่ 6 ความหนาแน่นของวัสดุปริมาณมวล (r)

วัสดุปริมาณมวล	r(ตัน/ลบ.ม.)
หินจากภูเขาไฟ	1.60
หัวฝักกาดหวาน	0.65-0.75
ขี้ตะกรันจากเตาถลุงเหล็ก	2.50-3.00
ปูนซิเมนต์เป็นก้อนขนาดไม่เกิน 10 มิลลิเมตร	2.00
ซอล์ก	1.70-1.80
ดินเหนียวแห้ง	1.80
ถ่าน ไม้ก๊แบบแก๊ส	0.35-0.45
ถ่าน ไม้ก๊แบบใช้กับเตาถลุงเหล็ก	0.50-0.55
คอนกรีตที่ทำจากหินปูน	2.00
ดินแห้ง	1.60
ดินเปียก	2.00
กรวดแห้ง	1.80
ถ่านหินเป็นก้อน	0.72-0.82
ถ่านหินเป็นก้อน (ปล่อยให้แห้งในอากาศจากเหมือง)	0.65-0.78
หินปูน	1.50-1.90
ดินเหนียวชุดใหม่ (ดินเหนียวแห้ง)	1.60
ดินเหนียวชุดใหม่ (ดินเหนียวเปียก)	2.00
ดินหรือเศษแร่จากเหมือง	1.20-1.60
ปูนทราย (mortar)	1.70-1.80
ทรายผสมสำหรับทำแบบหล่อ	1.30
ข้าวโอ๊ต	0.43-0.60
ทรายน้ำมัน	1.50
สินแร่เม็ดละเอียด	1.70
หน้าดิน	1.40-1.80
ถ่านหินจากเหมือง	0.72-0.87
เกลือของฟอสฟอรัส	1.20
หินสีแดงหรือสีม่วงอ่อน	1.39-1.45
มันฝรั่ง	0.65-0.75
ถ่านหินบดอัด	1.00-1.11
แร่สีเหลืองมีเงาสีทอง (เหล็กซัลไฟด์)	2.00-2.50
เกลือหิน	1.00

หินร้าง	1.80
ข้าวไรย์ (rye)	0.68-0.79
ทรายแห้ง	1.60
ทรายเปียก	2.00
ซีโลหะจากการถูแร่	0.60
ข้าวสาลี	0.76

ตารางที่ 7 ค่าของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานตามความยาวของสายพาน (C)

ความยาวสายพาน	สัมประสิทธิ์
3	9
4	7.6
5	6.6
7	5.9
8	5.1
10	4.5
12.5	4
16	3.6
20	3.2
25	2.9
32	2.6
40	2.4
50	2.2
63	2
80	1.85
100	1.7

ตารางที่ 8 ค่ามาตรฐานของสัมประสิทธิ์การติดตั้งสายพานลำเลียง (f) ที่มีอัตราส่วนการเติมวัสดุ (k) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.7-1.0 (DIN 22101)

ติดตั้งสายพานลำเลียงตามแนวระดับหรือติดตั้งสายพานลำเลียงในแนวลาดเอียงน้อย ๆ ทั้งเอียงขึ้นและเอียงลง ส่วนอุปกรณ์ขับเคลื่อนจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า	สภาพการทำงานดีและสะดวกสบายเช่นสายพานลำเลียงวางได้ตรงแนวเดียวกัน ล้อพุงด้านขนถ่ายวัสดุหมุนคล่องวัสดุที่ต้องการขนถ่ายมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานภายในต่ำและขนถ่ายวัสดุด้วยความเร็วต่ำ	1.0017
	การสร้างและติดตั้งสายพานลำเลียงตามแบบมาตรฐานและทำงานปกติทั่วไป	0.020
	สภาพการทำงานมีอุปสรรคและลำบากเช่นมีฝุ่นอยู่ในบรรยากาศเต็มไปด้วยหมอกควันหรือมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานภายในสูงมากบรรทุกวัสดุเกินกำลัง และขนถ่ายวัสดุด้วยความเร็วสูง	0.023-0.027
	ทำงานที่อุณหภูมิต่ำมาก แต่ทำงานตามแบบปกติทั่วไป ส่วนการสร้างและติดตั้งสายพานลำเลียงก็เป็นแบบมาตรฐานหรือแบบธรรมดาทั่วไป	สูงถึง 0.035
ติดตั้งสายพานลำเลียงในแนวลาดเอียงลงที่มีความชันมากๆ การทำงานของอุปกรณ์ขับเคลื่อนจะไม่ได้ออกกำลังขยับเลย แต่กลับจะได้กำลังขยับจากแรงโน้มถ่วงของโลกเพิ่มขึ้นอีกด้วย		0.012-0.016

ตารางที่ 9 ค่าของ Values for $e^{\mu\alpha}$

α	$\mu 0.20$	$\mu 0.25$	$\mu 0.30$	$\mu 0.35$	$\mu 0.40$	$\mu 0.45$	$\mu 0.50$
180	1.88	2.20	2.56	3.00	3.51	4.12	4.28
190	1.94	2.29	2.70	3.18	3.75	4.44	5.25
200	2.01	2.40	2.85	3.40	4.04	4.82	5.73
210	2.08	2.50	3.00	3.60	4.32	5.20	6.23
220	2.16	2.60	3.17	3.83	4.65	5.64	6.82
230	2.23	2.73	3.32	4.07	4.97	6.09	7.43
240	2.32	2.85	3.51	4.34	5.35	6.60	8.13

ตารางที่ 10 ค่าของ Values for $1/(e^{\mu x} - 1)$

α	$\mu 0.20$	$\mu 0.25$	$\mu 0.30$	$\mu 0.35$	$\mu 0.40$	$\mu 0.45$	$\mu 0.50$
180	1.15	0.83	0.64	0.50	0.40	0.32	0.26
190	1.06	0.77	0.59	0.46	0.36	0.29	0.23
200	0.99	0.71	0.54	0.42	0.33	0.26	0.21
210	0.93	0.67	0.50	0.38	0.30	0.24	0.19
220	0.86	0.63	0.46	0.35	0.27	0.22	0.17
230	0.81	0.58	0.43	0.33	0.25	0.20	0.16
240	0.76	0.54	0.40	0.30	0.23	0.18	0.14

ตารางที่ 11 การเลือกขนาดของพูลเลย์ Selection of Minimum Pulley Diameter

ค่าความต้านทานแรงดึงของสายพาน Belt Tensile Strength (N/mm)	ค่าความต้านทานสูงสุดขณะใช้งาน Max. Working Strength (N/mm)	เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดของพูลเลย์ลูกขับและลูกตาม Min. Diameter of Head and Tail Pulley (mm)					
		จำนวนชั้นผ้าอียิปต์ No. of Ply					
		2 ชั้น	3 ชั้น	4 ชั้น	5 ชั้น	6 ชั้น	7 ชั้น
200	20	200					
250	25	200					
315	31	300	350				
400	40	350	400	450			
500	50	350	400	450	600		
630	63	400	500	600	700	750	
800	80		600	700	750	800	850
1000	100		700	800	850	900	950
1250	125		800	900	1000	1050	1100
1600	160			950	1050	1150	1300
2000	200			1000	1100	1250	1300
2500	250				1200	1350	1650
3150	315				1350	1500	1750

ตารางที่ 12 รายละเอียดสายพานมาตรฐาน Standard Size of Flat Conveyor Belt

ชนิดผ้า - Carcass Grade		EP - 100	EP - 125	EP - 160	EP - 200	EP - 250	EP - 300
ความหนาของผ้าเคลือบยางแต่ละชั้น Carcass Thickness (mm)		1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5
ความต้านทานแรงดึงตามแนว ยาวของสายพาน Belt Tensile Strength (N/mm)	2 ชั้น - ply	200	250	320	400	500	600
	3 ชั้น - ply	300	375	480	600	750	900
	4 ชั้น - ply	400	500	640	800	1000	1200
	5 ชั้น - ply	500	625	800	1000	1250	1500
	6 ชั้น - ply				1200	1500	1800
ความหนาของผิวยางสายพาน Rubber Cover Thickness (mm)	บน – Top	3.0 ~ 5.0	3.0 ~ 6.0	3.0 ~ 8.0	3.0 ~ 14.0	3.0 ~ 14.0	3.0 ~ 18.0
	ล่าง – Bottom	1.5 ~ 3.0	1.5 ~ 3.0	1.5 ~ 3.0	1.5 ~ 3.0	1.5 ~ 3.0	1.5 ~ 4.0
ความกว้างของสายพาน Belt Width	มม. – mm	300 – 2000					
	นิ้ว - Inch	12 – 80					
ความยาวสูงสุดต่อม้วน Max. Length per roll (m)		250	250	250	250	200	200

ตารางที่ 13 Power Rating Table for Double Reduction for Ratio 13:1 & 20:1 (KW)

SIZE								
Output(rpm)	B13/B20	C13/C20	D13/D20	E13/B20	F13/F20	G13/G20	H13/H20	J13/J20
10	0.29	0.49	0.82	1.25	1.97	3.11	4.9	7.8
12	0.36	0.58	0.96	1.48	2.45	3.71	5.9	9.2
14	0.42	0.67	1.11	1.73	2.71	4.30	6.8	10.7
16	0.47	0.77	1.27	1.97	3.09	4.89	7.7	12.1
18	0.53	0.86	1.41	2.20	3.44	5.48	8.7	13.6
20	0.59	0.96	1.58	2.43	3.82	6.08	9.5	15.1
22	0.63	1.04	1.73	2.67	4.18	6.63	10.4	16.4
24	0.69	1.13	1.86	2.89	4.55	7.22	11.3	17.9
26	0.75	1.22	2.02	3.13	4.91	7.79	12.1	19.3
28	0.81	1.32	2.18	3.36	5.27	8.35	13.1	20.6
30	0.86	1.41	2.32	3.58	5.63	8.92	13.9	22.5
32	0.92	1.50	2.47	3.81	4.98	9.49	14.8	23.6
34	0.98	1.60	2.63	4.04	6.34	10.04	15.7	25.1
38	1.10	1.79	2.91	4.48	7.05	11.12	17.4	27.6
40	1.16	1.87	3.07	4.71	7.41	11.87	18.2	29.0
42	1.20	1.96	3.19	4.92	7.75	12.39	19.3	30.1
46	1.30	2.13	3.48	5.37	8.28	13.65	21.1	32.6
50	1.42	2.30	3.78	5.81	9.07	14.60	22.8	35.0
52	1.47	2.37	4.00	6.03	9.14	15.23	23.4	35.6
54	1.52	2.47	4.14	6.23	9.42	15.86	24.4	36.3
58	1.64	2.61	4.43	6.66	10.02	16.80	25.8	38.0
62	1.76	2.77	4.71	7.23	10.61	17.96	27.5	40.2
66	1.86	2.94	5.01	7.68	11.24	19.01	29.7	42.5
70	1.96	3.07	5.13	8.11	11.76	20.16	30.6	44.7
74	2.06	3.18	5.42	8.54	12.39	21.11	32.0	47.0
78	2.15	3.32	5.70	8.97	12.92	22.26	33.6	49.2
80	2.23	3.39	5.81	9.19	13.23	22.47	34.3	50.2
85	2.34	3.58	6.14	9.71	13.97	23.31	36.2	52.8
90	2.48	3.79	6.49	10.24	14.60	24.57	37.9	55.3
95	2.61	4.00	6.81	10.50	15.44	25.83	39.0	58.0
100	2.73	4.19	7.15	11.03	16.17	27.09	40.7	60.5
105	2.85	5.41	7.48	11.55	17.01	27.80	42.1	62.6
110	2.98	4.62	7.81	11.91	17.57	28.82	43.5	64.9
115	3.11	5.18	8.10	12.35	18.27	29.83	45.0	67.3
NM(Torque at 1000 rpm)	277	468	783	1194	1881	2970	4680	7449

ตารางที่ 14 Weights of rotary parts of idlers in kg

9	Weights of rotary parts of idlers in kg (approx. values)							
Belt	Outside diameter mm							
Width	51	70	89	108	133	159	191	216
h	Straight	Straight	Straight	Straight	Straight	Straight	Straight	Straight
mm	troughed	troughed	troughed	troughed	troughed	troughed	troughed	troughed
400	1.9 2.7	3.2 4.6						
500	2.2 3.0	3.7 5.1						
650		4.4 5.8	6.5 9.1					
800		5.4 6.8	7.8 10.4	11.4 16.0				
1050			9.1 11.7	13.3 17.9	17.5 23.5			
1200				15.7 20.3	20.7 26.7	28.3 36.9		
1400					23.2 29.2	31.7 40.3		
1500					25.8 31.8	35.2 43.8		

2.2 หลักการทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เกี่ยวข้องกับต้นทุนระบบสายพานลำเลียง

เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economy) หมายถึงการนำเอาหลักการทางเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้งานด้านวิศวกรรม เพื่อให้ได้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดจากการหาขนาดสายพานที่มีขนาดที่เหมาะสมที่สุดกับการลงทุนในโครงการ

ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Cost) คือ ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายจริงในการดำเนินกิจกรรม และเป็นรายการที่ลงบันทึกไว้ในบัญชีรายจ่ายของกิจการตลอดจนรวมถึงค่าใช้จ่ายที่ไม่ได้บันทึกลงในบัญชีรายจ่ายด้วยเนื่องจากเน้นปัจจัยของเจ้าของธุรกิจ จึงมองดูเหมือนไม่ใช่ต้นทุน เพราะไม่มีการจ่ายออกไปจริง จึงต้องใช้หลักการเกี่ยวกับการคิดต้นทุนค่าเสียโอกาสในการประเมินค่าต้นทุน

ต้นทุนการผลิต (Cost of Production) คือค่าใช้จ่ายที่ต้องการจ่ายให้เป็นผลตอบแทนแก่ปัจจัยการผลิตทุกชนิดที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต

ต้นทุนระยะสั้น (Short-Run Costs)

ดังที่เราทราบมาจากขั้นต้นแล้วว่าในการผลิตในระยะสั้นจะประกอบไปด้วยปัจจัยที่เป็นปัจจัยคงที่และปัจจัยผันแปร ดังนั้นย่อมเป็นที่แน่นอนว่าต้นทุนที่จะเข้ามาเกี่ยวข้องนั้นก็คงไม่พ้นที่จะเป็นเรื่องของต้นทุนของปัจจัยคงที่ (Fixed Costs) และต้นทุนของปัจจัยผันแปร (Variable Costs) ซึ่งในการพิจารณานั้นเราจะแยกพิจารณาต้นทุนออกได้เป็นต้นทุนต่างดังนี้

1. ต้นทุนรวม (Total Cost: TC) หมายถึง ต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการใช้ปัจจัยการผลิตชนิดต่างๆ ผลิตเป็นสินค้าและบริการจำนวนหนึ่งออกมา โดยเป็นผลรวมระหว่างต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร $[TC = FC + VC]$

2. ต้นทุนเฉลี่ยหรือต้นทุนรวมเฉลี่ย (Average Cost Or Average Total Cost: AC or ATC) หมายถึง ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยซึ่งหาได้จากต้นทุนรวมหารด้วยจำนวนของผลผลิตที่เกิดขึ้น หรืออาจจะหาได้จาก ต้นทุนคงที่เฉลี่ย (Average Fixed Cost) บวกกับต้นทุนแปรผันเฉลี่ย (Average Variable Cost) $[AC \text{ or } ATC = TC / Q, AFC + AVC]$

3. ต้นทุนเพิ่ม (Marginal Cost: MC) หมายถึง ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเนื่องจากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 หน่วย

ต้นทุนในระยะยาว

ต้นทุนระยะยาวจะมีเฉพาะต้นทุนประเภทผันแปร (Variable Cost) เท่านั้นเพราะในระยะยาวของการผลิตจะมีการใช้ปัจจัยต่างๆ โดยที่ปัจจัยเหล่านั้นล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยผันแปรซึ่งการคำนวณที่คล้ายกันกับการพิจารณาต้นทุนระยะสั้น

ต้นทุนทางบัญชี (Accounting Cost) คือ ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายจริงๆ ในการดำเนินกิจกรรม และเป็นรายการที่บันทึกไว้ในบัญชีรายจ่ายของกิจการเท่านั้น

ค่าเสื่อมราคา (Depreciation)

ค่าเสื่อมราคาจัดว่าเป็นเงินทุนภายในที่สำคัญประเภทหนึ่งสินทรัพย์ถาวรที่มีตัวตนเท่านั้นที่จะนำมาคำนวณค่าเสื่อมราคา เพราะค่าเสื่อมราคาเป็นการหักค่าใช้จ่ายสินทรัพย์ถาวรในแต่ละปี เนื่องจากสินทรัพย์ถาวรต้องจ่ายซื้อเป็นเงินทุนจำนวนสูง แต่ใช้ได้หลายปีเมื่อใช้ไปจะมีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้ ได้แก่ อาคาร โรงงาน เครื่องจักร รถยนต์ เป็นต้น ยกเว้นที่ดินที่ไม่คิดค่าเสื่อมราคา เนื่องจากที่ดินเป็นสินทรัพย์ที่ไม่มีการเสื่อมสภาพและราคาที่ดินมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นตลอดเวลา จึงต้องหักค่าเสื่อมราคาของการใช้เพื่อสะสมไว้ซื้อสินทรัพย์ถาวรชิ้นใหม่ ค่าเสื่อมราคาที่สะสมไว้นี้ เมื่อยังไม่ได้นำไปซื้อสินทรัพย์ถาวรชิ้นใหม่ สามารถนำมาใช้เป็นเงินทุนสำหรับหมุนเวียนในกิจการได้

ราคาซาก (Scrap value หรือ Salvage value) หมายถึง มูลค่าที่คาดว่าจะขายสินทรัพย์ถาวรนั้นได้เมื่อหมดอายุการใช้งาน หักด้วยค่ารัถถอนและค่าใช้จ่ายในการจำหน่ายสินทรัพย์นั้น (ถ้ามี)

มูลค่าเสื่อมราคาทั้งสิ้น หมายถึง ราคาต้นทุนเดิมของสินทรัพย์ที่มีการเสื่อมสภาพหรือราคาอื่นที่นำมาใช้แทนซึ่งปรากฏอยู่ในงบการเงิน หักด้วยราคาซากที่ได้ประมาณไว้ดังสมการ 2.13

$$\text{มูลค่าเสื่อมราคาทั้งสิ้น} = \text{ราคาทุนของสินทรัพย์} - \text{ราคาซาก} \quad (2.13)$$

อายุการใช้งาน (Useful life) หมายถึง ระยะเวลาที่กิจการคาดว่าจะใช้ประโยชน์จากสินทรัพย์ถาวรนั้นๆ

2.3 รายการคำนวณหาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องลำเลียงสายพานจากการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตรวม (Total cost)

การคำนวณสมรรถนะเครื่องลำเลียงสายพาน ขั้นตอนการออกแบบ การใส่ค่าต่างๆ ในการคำนวณ เพื่อนำมาออกแบบโปรแกรมการคำนวณสำหรับการคำนวณที่รวดเร็วขึ้น โดยการหาสมรรถนะที่ดีที่สุดจะใช้วิธีการคิดต้นทุนรวมในการออกแบบเครื่องลำเลียงสายพานหรือ Total cost ในการตัดสินใจ โดยจะเลือกที่มีต้นทุนรวมที่เหมาะสมที่สุดจากสมการ

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนรวมของเครื่องลำเลียงสายพาน (Total Cost)} = & \text{ต้นทุนส่วนของตัวรองรับ} + \text{ต้นทุนในส่วนชุดขับ} + \text{ต้นทุนในส่วนโครงเหล็ก} + \text{ต้นทุนในส่วนสายพาน} + \text{ต้นทุนในส่วนค่าพลังงาน} + \\ & \text{ต้นทุนในส่วนค่าติดตั้ง} \end{aligned} \quad (2.14)$$

ซึ่งต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเครื่องลำเลียงสายพาน แบ่งออกได้เป็น 6 ส่วน จะเป็นต้นทุนเริ่มต้นที่เกี่ยวข้องกับตัวเครื่องลำเลียงและอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่างๆและค่าใช้จ่ายการดำเนินการการใช้งานเครื่องลำเลียงสายพานแยกออกมาได้ดังนี้

2.3.1. ส่วนของตัวรองรับ แยกออกได้ 2 ประเภท

2.3.1.1 ต้นทุนชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับขนาดหน้ากว้างสายพาน

2.3.1.1.1 ต้นทุนล้อขับเคลื่อนหัวหุ้มยาง (Head Pulley cost)

ต้นทุนล้อขับเคลื่อนหัวหุ้มยาง(Head Pulley cost) = ((จำนวนล้อขับเคลื่อนหัวหุ้มยางที่ใช้ × ราคาของล้อขับเคลื่อนหัวหุ้มยางต่อลูก) + (จำนวนล้อขับเคลื่อนหัวหุ้มยางที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของล้อขับเคลื่อนหัวหุ้มยางต่อลูก) (2.15)

2.3.1.1.2 ต้นทุนล้อขับเคลื่อนท้าย (Tail Pulley cost)

ต้นทุนล้อขับเคลื่อนท้าย(Tail Pulley cost) = ((จำนวนล้อขับเคลื่อนท้ายที่ใช้ × ราคาของล้อขับเคลื่อนท้ายต่อลูก)+(จำนวนล้อขับเคลื่อนท้ายที่ใช้ตลอดอายุโครงการ×ราคาของล้อขับเคลื่อนท้ายต่อลูก) (2.16)

2.3.1.1.3 ต้นทุนขารองรับล้อพวงด้านบน (Carrier Bracket cost)

ต้นทุนขารองรับล้อพวงด้านบน(Carrier Bracket cost) = ((จำนวนขารองรับล้อพวงด้านบนที่ใช้ × ราคาของขารองรับล้อพวงด้านบนต่อลูก) + (จำนวนขารองรับล้อพวงด้านบนที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของขารองรับล้อพวงด้านบนต่อลูก) (2.17)

2.3.1.1.4 ต้นทุนล้อพวงด้านบน (Carrier Roller cost)

ต้นทุนล้อพวงด้านบน(Carrier Roller cost) = ((จำนวนล้อพวงด้านบนที่ใช้ × ราคาของล้อพวงด้านบนต่อลูก) + (จำนวนล้อพวงด้านบนที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของล้อพวงด้านบนต่อลูก) (2.18)

2.3.1.1.5 ต้นทุนล้อพวงด้านย้อนกลับ (Return Roller cost)

ต้นทุนล้อพวงด้านย้อนกลับ(Return Roller cost) = ((จำนวนล้อพวงด้านย้อนกลับที่ใช้ × ราคาของล้อพวงด้านย้อนกลับต่อลูก) + (จำนวนล้อพวงด้านย้อนกลับที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของล้อพวงด้านย้อนกลับต่อลูก) (2.19)

2.3.1.1.6 ต้นทุนล้อพวงด้านบนชนถ้าวัดคู่กันกระแทก(Impact Roller cost)

ต้นทุนล้อพวงด้านบนชนถ้าวัดคู่กันกระแทก(Impact Roller cost) = ((จำนวนล้อพวงด้านบนชนถ้าวัดคู่กันกระแทกที่ใช้ × ราคาของล้อพวงด้านบนชนถ้าวัดคู่กันกระแทกต่อลูก) + (จำนวนล้อพวงด้านบนชนถ้าวัดคู่กันกระแทกที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของล้อพวงด้านบนชนถ้าวัดคู่กันกระแทกต่อลูก) (2.20)

2.3.1.1.7 ต้นทุนตัวชุดทำความสะอาดสายพานลำเลียง (Belt Cleaner cost)

ต้นทุนตัวชุดทำความสะอาดสายพานลำเลียง(Belt Cleaner cost) = ((จำนวนตัวชุดทำความสะอาดสายพานลำเลียงที่ใช้ × ราคาของตัวชุดทำความสะอาดสายพานลำเลียงต่อชิ้น) + (จำนวนตัวชุดทำความสะอาดสายพานลำเลียงที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของตัวชุดทำความสะอาดสายพานลำเลียงต่อชิ้น)

(2.21)

2.3.1.1.8 ต้นทุนชุดแรงล้อยับด้านหัว (Tension Unit Head Pulley cost)

ต้นทุนชุดแรงล้อยับด้านหัว(Tension Unit Head Pulley cost) = ((จำนวนชุดแรงล้อยับด้านหัวที่ใช้ × ราคาของชุดแรงล้อยับด้านหัวต่อชุด) + (จำนวนชุดแรงล้อยับด้านหัวที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของชุดแรงล้อยับด้านหัวต่อชุด)

(2.22)

2.3.1.1.9 ต้นทุนชุดแรงล้อยับด้านท้าย (Tension Unit for Tail Pulley cost)

ต้นทุนชุดแรงล้อยับด้านท้าย(Tension Unit for Tail Pulley cost) = ((จำนวนชุดแรงล้อยับด้านท้ายที่ใช้ × ราคาของชุดแรงล้อยับด้านท้ายต่อชุด) + (จำนวนชุดแรงล้อยับด้านท้ายที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของชุดแรงล้อยับด้านท้ายต่อชุด)

(2.23)

2.3.1.1.10 ต้นทุนชุดลูกปืนล้อยับด้านหัว (Bearing Unit for Support Head Pulley cost)

ต้นทุนชุดลูกปืนล้อยับด้านหัว(Bearing Unit for Support Head Pulley) = ((จำนวนชุดลูกปืนล้อยับด้านหัวที่ใช้ × ราคาของชุดลูกปืนล้อยับด้านหัวต่อชุด) + (จำนวนชุดลูกปืนล้อยับด้านหัวที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของชุดลูกปืนล้อยับด้านหัวต่อชุด)

(2.24)

2.3.1.1.11 ต้นทุนชุดลูกปืนล้อยับด้านท้าย (Bearing Unit for Support Tail Pulley cost)

ต้นทุนชุดลูกปืนล้อยับด้านท้าย(Bearing Unit for Support Tail Pulley cost) = ((จำนวนชุดลูกปืนล้อยับด้านท้ายที่ใช้ × ราคาของชุดลูกปืนล้อยับด้านท้ายต่อชุด) + (จำนวนชุดลูกปืนล้อยับด้านท้ายที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของชุดลูกปืนล้อยับด้านท้ายต่อชุด)

(2.25)

2.3.1.2 ต้นทุนชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับขนาดหน้ากว้างสายพาน

2.3.1.2.1 ต้นทุนขารองรับล้อยึดด้านล่าง (Return Bracket cost)

ต้นทุนขารองรับล้อยึดด้านล่าง(Return Bracket cost) = ((จำนวนขารองรับล้อยึดด้านล่างที่ใช้ × ราคาของขารองรับล้อยึดด้านล่างต่อลูก) + (จำนวนขารองรับล้อยึดด้านล่างที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของขารองรับล้อยึดด้านล่างต่อลูก)

(2.26)

2.3.2. ส่วนของชุดขับเคลื่อนแยกออกได้ 2 ประเภท

2.3.2.1 ต้นทุนชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับขนาดหน้ากว้างสายพาน

2.3.2.1.1 ต้นทุนเกียร์ขับเคลื่อน (Drive Unit cost)

ต้นทุนเกียร์ขับเคลื่อน (Drive Unit cost) = ((จำนวนเกียร์ขับเคลื่อนที่ใช้ × ราคาของเกียร์ขับเคลื่อนต่อชุด) + (จำนวนเกียร์ขับเคลื่อนที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของเกียร์ขับเคลื่อนต่อชุด)) (2.27)

2.3.2.1.2 ต้นทุนพลูเลย์ขับเคลื่อน (Driven Pulley cost)

ต้นทุนพลูเลย์ขับเคลื่อน (Driven Pulley cost) = ((จำนวนพลูเลย์ขับเคลื่อนที่ใช้ × ราคาของพลูเลย์ขับเคลื่อนต่อชุด) + (จำนวนพลูเลย์ขับเคลื่อนที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของพลูเลย์ขับเคลื่อนต่อชุด)) (2.28)

2.3.2.1.3 ต้นทุนมอเตอร์ขับเคลื่อน (Motor cost)

ต้นทุนมอเตอร์ขับเคลื่อน (Motor cost) = ((จำนวนมอเตอร์ขับเคลื่อนที่ใช้ × ราคาของมอเตอร์ขับเคลื่อนต่อชุด) + (จำนวนมอเตอร์ขับเคลื่อนที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของมอเตอร์ขับเคลื่อนต่อชุด)) (2.29)

2.3.2.1.4 ต้นทุนสายพานขับเคลื่อนพลูเลย์ (Belt Pulley cost)

ต้นทุนสายพานขับเคลื่อนพลูเลย์ (Belt Pulley cost) = ((จำนวนสายพานขับเคลื่อนพลูเลย์ที่ใช้ × ราคาของสายพานขับเคลื่อนพลูเลย์ต่อชุด) + (จำนวนสายพานขับเคลื่อนพลูเลย์ที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของสายพานขับเคลื่อนพลูเลย์ต่อชุด)) (2.30)

2.3.2.2 ต้นทุนชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับขนาดหน้ากว้างสายพาน

2.3.2.2.1 ต้นทุนฐานมอเตอร์ (Motor Base cost)

ต้นทุนฐานมอเตอร์ (Motor Base cost) = ((จำนวนฐานมอเตอร์ที่ใช้ × ราคาของฐานมอเตอร์ต่อชุด) + (จำนวนฐานมอเตอร์ที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของฐานมอเตอร์ต่อชุด)) (2.31)

2.3.2.2.2 ต้นทุนพลูเลย์ขับเคลื่อนมอเตอร์ (Drive Pulley cost)

ต้นทุนพลูเลย์ขับเคลื่อนมอเตอร์ (Drive Pulley cost) = ((จำนวนพลูเลย์ขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ใช้ × ราคาของพลูเลย์ขับเคลื่อนมอเตอร์ต่อชุด) + (จำนวนพลูเลย์ขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของพลูเลย์ขับเคลื่อนมอเตอร์ต่อชุด)) (2.32)

2.3.3. ส่วนของโครงสร้างหลัก

2.3.3.1 ต้นทุนโครงสร้างหลัก (Conveyor Frame Walk Way cost)

ต้นทุนโครงสร้างหลัก (Conveyor Frame Walk Way cost) = ((10 × ราคาโครงสร้างเครื่องลำเลียงสายพานต่อเมตรที่น้อยกว่า 10 เมตร) + ((ราคาโครงสร้างเครื่องลำเลียงสายพานต่อเมตรที่มากกว่า 10 เมตร) × (ความยาวการขนถ่าย - 10))) (2.33)

2.3.3.2 ต้นทุนชุดทางเดินโครงสายพาน

ต้นทุนชุดทางเดินโครงสายพาน = (จำนวนชุดทางเดินโครงสายพานที่ใช้ตลอดอายุโครงการ × ราคาของชุดทางเดินโครงสายพานต่อชุด) (2.34)

2.3.4. ส่วนของสายพานลำเลียง

ต้นทุนสายพานลำเลียง (Conveyor cost) = ((ความยาวของสายพานลำเลียงที่ใช้ × ราคาของสายพานลำเลียงต่อเมตร) (2.35)

2.3.5. ส่วนของค่าพลังงาน

ต้นทุนค่าพลังงานที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องลำเลียงสายพานตลอดอายุโครงการ โดยในการทำงานของเครื่องลำเลียงจะทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ราคาหน่วยค่าไฟ Unit ละ 2.978 บาท และประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ (Efficiency %) จะเท่ากับ 70 %

วิธีคิดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า

1. หากำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้า

กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้า = (กำลังขับเคลื่อนมอเตอร์ (จากสมการที่ 2.6) × Efficiency %) (2.36)

2. หาใน 1 วัน มอเตอร์จะใช้ไฟฟ้า

มอเตอร์จะใช้ไฟฟ้าใน 1 วัน = (กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้า × เวลาในการทำงานใน 1 วัน) (2.37)

3. หาค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าตลอดอายุโครงการ

ค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าตลอดอายุโครงการ = (กำลังไฟฟ้าที่ป้อน × เวลาในการทำงานตลอดอายุโครงการ) × ราคาหน่วยไฟฟ้า (2.38)

2.3.6. ต้นทุนค่าติดตั้ง

ต้นทุนค่าติดตั้ง = (((น้ำหนักของโครงเหล็ก (กิโลกรัม) ที่ น้อยกว่า 10 เมตร × 10) + (น้ำหนักของโครงเหล็ก (กิโลกรัม) ที่มากกว่า 10 เมตร × (ความยาวของสายพาน – 10)) × ราคาค่าติดตั้งเหมาเป็นน้ำหนัก (กิโลกรัม)) (2.39)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

S. Nanetoe and W. Pornputhapong [1] ศึกษาเครื่องต้นแบบเครื่องปรับอากาศแบบระเหยที่ออกแบบด้วยหลักการเศรษฐศาสตร์ความร้อนเป็นการออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องปรับอากาศแบบระเหย การออกแบบและสร้างใช้หลักการทางด้านวิศวกรรมร่วมกับหลักการหาต้นทุนรวม

(Total Cost) Total cost = Construction cost + Operation cost + Maintainance cost + Resale value
โดยข้อดีของระบบนี้คือ ประหยัดพลังงาน ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ และสามารถกรองอากาศได้ในบริเวณที่มีฝุ่นจำนวนมาก หลักการพื้นฐานของระบบปรับอากาศแบบนี้ คือ จะใช้การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลระหว่างน้ำกับอากาศ

S. Nanetoe and M. Saeluang, [2] ศึกษาผลของอัตราดอกเบี้ย และอัตราเงินเฟ้อที่มีต่อการประหยัดสุทธิสูงสุด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมสำหรับเครื่องทำความร้อนกลับชนิดเทอร์โมไฮฟอนการลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางยอมทำให้มูลค่าการลงทุนลดลง แม้ว่าปริมาณพลังงานที่คืนกลับได้จะลดลง แต่ผลของอัตราดอกเบี้ยจะทำให้มูลค่าปัจจุบันของพลังงานที่ประหยัดได้ลดลงไม่มากเมื่อเทียบกับมูลค่าการลงทุนที่ลดลง ทำให้ผลประหยัดสุทธิมีค่าเพิ่มขึ้น

M.S.Soylomez[3] ศึกษาเกี่ยวกับการหาค่าที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์-ความร้อนของระบบการทำความเย็น ซึ่งเป็นการใช้วิธี $P_1 - P_2$ ร่วมกับตัวแปรต่างๆ สำหรับวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์-ความร้อนของระบบทำความเย็น ผลที่ได้จะแสดงในลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลต่างของอุณหภูมิที่มีผลต่อมูลค่าที่ประหยัดได้ ซึ่งค่าผลต่างของอุณหภูมิคือค่าที่ได้จากการนำอุณหภูมิภายนอก (อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม) ลบด้วยอุณหภูมิภายในของระบบทำความเย็น จะพบว่าเมื่อค่าผลต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะทำให้มูลค่าที่ประหยัดได้เพิ่มขึ้น

M.S.Soylomez[4] ศึกษาถึงจุดที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์-ความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนสำหรับการทำความร้อนที่กลับมาใช้ โดยมีการประเมินประสิทธิผลที่เหมาะสม HPHE สำหรับการประยุกต์ใช้ในการนำพลังงานกลับมาใช้ซึ่งนำวิธีการ $P_1 - P_2$ กับวิธี $\varepsilon - NTU$ ถูกนำมาใช้สำหรับวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์-ความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน

Shirong Zhang and Xiaohua Xia[5] ศึกษาการควบคุมที่เหมาะสมของระบบการดำเนินการที่มีประสิทธิภาพของระบบสายพานลำเลียง ที่ความก้าวหน้าของระบบการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพของระบบสายพานลำเลียงสามารถทำให้สำเร็จที่ขึ้นกับอุปกรณ์และการดำเนินการระบบควบคุมและการควบคุมความเร็วเฉลี่ย ถูกนำเสนอในรายงานเพื่อที่จะพัฒนาประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในระบบสายพาน การดำเนินการในปัจจุบันส่วนใหญ่จะสนใจในวงควบคุมที่ต่ำ

หรือไม่ก็เฉพาะแต่ละสายพาน โดยไม่มีเรื่องการตัดสินใจดำเนินงานในงานวิจัยนี้ ระบบการควบคุมที่เหมาะสมและการควบคุมการขับเคลื่อนความเร็วสายพานถูกนำเสนอเพื่อที่จะพัฒนาการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพของระบบสายพานในระบบการดำเนินการ ในขณะที่อัตราภาษีทางลงของความเร็วสายพานและระบบข้อจำกัดอื่นถูกกำหนดไว้แล้ว โดยระบบการลำเลียงถ่านหินในโรงไฟฟ้าถ่านหินถูกนำมาเพื่อเป็นกรณีศึกษาที่สามารถประหยัดพลังงานได้สำเร็จ โดยปัจจัย 2 แบบที่เหมาะสมยิ่งไปกว่านั้นผลของการที่สามารถประหยัดพลังงานจำนวนมากจาก VSD เป็นพื้นฐานการควบคุมระบบที่เหมาะสมซึ่งเป็นหลักฐานของกรณีศึกษา

A.J.G. Nuttalla, and G. Lodewijksa[6] ศึกษาแบบฟอร์มเทียบกับแรงดึงสายพานลำเลียงที่ล้อยขับเคลื่อนได้เสนอการขยายแบบจำลองที่มีอยู่แล้วใช้ในการลำเลียงสายพานแบน, เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและแบบฟอร์มในสายพานลำเลียงที่ล้อยขับเคลื่อนกับพื้นผิวโค้งรูปแบบรวมถึงผลผลิตกัมมันต์ของ viscoelastic ของพื้นผิวที่ใช้ภายในรูปแบบขององค์ประกอบของ Maxwell หลังจากการประยุกต์ใช้ปัจจัยการแก้ไขในบัญชีสำหรับการปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่อยู่ติดกัน, ซึ่งเป็นครั้งแรกไม่ได้สร้างแบบจำลองผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ารูปแบบตรงกับความเร็วและความเร็วในการสร้างสายพานที่มีผลเพียงเล็กน้อยต่อแรงดึงในความเร็วรอบเป็นไปได้อ

N. Soponpongpipat , P. Jaruyanon and S. Nanetoe [7] ศึกษาการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เทอร์โม ของความหนาที่เหมาะสมของฉนวนแบบ 2 ชั้นสำหรับเครื่องปรับอากาศ การศึกษากรณีนี้เป็น วิธีการวิเคราะห์ความหนาที่เหมาะสมของท่อฉนวนกันความร้อนของเครื่องปรับอากาศซึ่งประกอบไปด้วยชั้นของยางและฉนวนใยแก้ว เป็นการดำเนินการโดยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์ เทอร์โม นอกจากนี้ผลของการถ่ายเทความร้อนภายในและภายนอกของท่อที่เหมาะสมกับความหนาของฉนวนเหล่านี้มีการวิจัยโดยการพิจารณาความหนาของฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมของท่อเหล็กชุบสังกะสีกลมท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฉนวนกันความร้อน 0.5 เมตรพร้อมยาง ($k = 0.035 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$) และใยแก้วฉนวนกันความร้อน ($k = 0.045 \text{ เมตร W}^{-1} \text{ K}^{-1}$) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนาที่เหมาะสมเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อนมีความหลากหลายทั้งภายในและภายนอกท่อการพาความร้อนค่าสัมประสิทธิ์ 6, 10, 14, 18 และ $22 \text{ W M}^{-2} \text{ K}^{-1}$ ได้รับเลือกในการคำนวณความหนาที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบของความร้อนท่อภายในและภายนอกของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนไม่ได้ส่งผลกระทบต่อความหนาของฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสม

K.Kumwungjunand S.Wannatap [8] ศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนสายพานลำเลียงโดยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อทำการสร้างโปรแกรมใช้สำหรับช่วยในการคำนวณสายพานลำเลียงเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและตัดสินใจเลือกใช้นา้ขนาดสายพานลำเลียงที่เหมาะสมที่มีค่าต้นทุนรวมต่ำสุด

บทที่ 3

ขั้นตอนการวิจัย

3.1 รายละเอียดในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน

3.1.1 ศึกษาข้อมูลการออกแบบขนาดสายพาน และหลักการวิธีการเศรษฐศาสตร์

3.1.1.1 ศึกษาหลักการทฤษฎีการออกแบบหาขนาดสายพานลำเลียงและต้นทุนที่เกิดขึ้นจากขนาดสายพานแต่ละขนาด จากการใช้งานจริงของสายพาน

3.1.1.2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหลักการวิธีการเศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เพื่อที่จะไปหาดัชนีต้นทุนที่เกี่ยวข้องจากขนาดของสายพานเพื่อใช้ในการออกแบบขนาดสายพานที่เหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

3.1.2 ทำการศึกษาทดสอบข้อมูลโครงการที่มีการใช้งานสายพานลำเลียง

3.1.2.1 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสายพานลำเลียงแต่ละขนาดในแบบโครงการทดสอบที่มีค่าใช้จ่ายต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับสายพานโดยแบ่งข้อมูลค่าใช้จ่ายต้นทุนที่เกิดขึ้นเป็น 2 ปัจจัยหลักคือ

3.1.2.1.1 ข้อมูลต้นทุนที่เกิดจากขนาดของตัวเครื่องสายพานลำเลียง

3.1.2.1.2 ข้อมูลค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการดำเนินการของสายพานลำเลียง

3.1.3 ทำการวิเคราะห์ตัวแปร ปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายจากขนาดสายพาน

3.1.3.1 รวบรวมข้อมูลที่เป็นต้นทุนจากตัวสายพานและอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ ขนาดสายพาน โครงสายพาน ชุดขับเคลื่อนสายพาน ระบบไฟฟ้า

3.1.3.2 รวบรวมข้อมูลที่เป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับสายพาน ได้แก่ ค่าแรงงาน ค่าพลังงาน ค่าซ่อมบำรุงรักษา ค่าเสื่อมราคา

3.1.4 ทำการคำนวณหาข้อมูลตัวแปรต่างๆที่ทำให้เกิดต้นทุนค่าใช้จ่ายของขนาดสายพาน

3.1.4.1 นำข้อมูลตัวแปรต้นทุนต่างๆมา สร้างสมการคำนวณหาต้นทุนที่เกิดขึ้นจากขนาดของสายพานและต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของสายพานแต่ละขนาดเพื่อที่จะได้ต้นทุนรวมของสายพานแต่ละเส้นของโครงการในแบบทดสอบแล้วนำไปเปรียบเทียบ

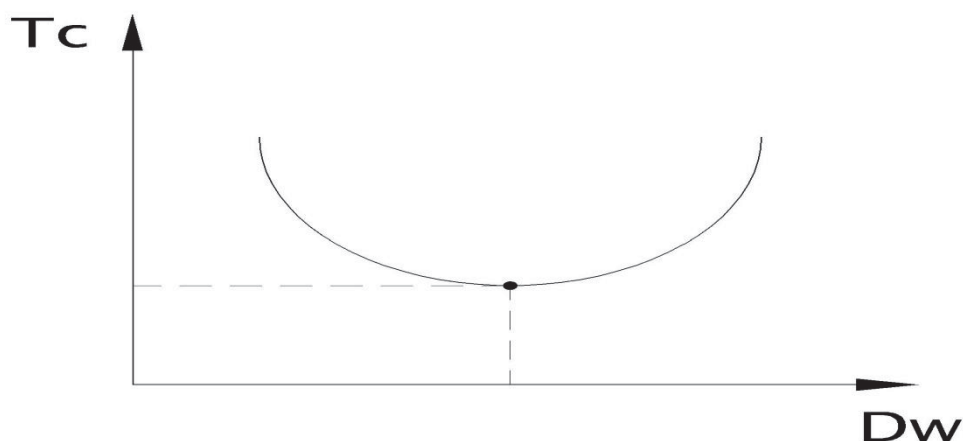
3.1.5 ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลขนาดสายพานจากวิธีการเศรษฐศาสตร์

3.1.5.1 นำข้อมูลจากการคำนวณหาต้นทุนรวมของสายพานแต่ละเส้นนำมาแบ่งกลุ่มตามปริมาณการขนถ่ายที่เท่ากันแต่มีขนาดที่ไม่เท่ากัน เช่นตัวอย่างการแบ่งกลุ่มสายพานดังนี้

ตารางที่ 15 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มสายพาน

ลำดับที่	รายการ	ปริมาณ (ตัน/ชั่วโมง)
CV2	ขนาดสายพาน 600x30000 mm.LG.	200 t/h
CV10	ขนาดสายพาน 600x47500 mm.LG.	
CV11	ขนาดสายพาน 750x24000 mm.LG.	
CV12	ขนาดสายพาน 750x31000 mm.LG.	
CV13	ขนาดสายพาน 600x30000 mm.LG.	
CV14	ขนาดสายพาน 600x30000 mm.LG.	
CV3	ขนาดสายพาน 900x10000 mm.LG.	300-350 t/h
CV4	ขนาดสายพาน 900x45000 mm.LG.	
CV5	ขนาดสายพาน 900x24000 mm.LG.	
CV6	ขนาดสายพาน 900x33000 mm.LG.	
CV15	ขนาดสายพาน 750x50000 mm.LG.	
CV16	ขนาดสายพาน 750x45000 mm.LG.	
CV1	ขนาดสายพาน 900x31500 mm.LG.	400-500 t/h
CV7	ขนาดสายพาน 900x14000 mm.LG.	
CV8	ขนาดสายพาน 900x38000 mm.LG.	
CV9	ขนาดสายพาน 900x45000 mm.LG.	

3.1.5.2 นำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณนำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนแต่ละขนาดของสายพานทำตารางเปรียบเทียบจากข้อมูลนำมาเขียนลงในกราฟดูต้นทุนรวมแต่ละขนาดสายพานที่มีการขนถ่ายปริมาณที่เท่ากันเพื่อจะได้ขนาดสายพานที่ค่าต้นทุนรวมต่ำที่สุด



ภาพที่ 3 กราฟต้นทุนรวมแต่ละขนาดสายพาน

T_c = ต้นทุนรวมทั้งหมด

D_w = ขนาดหน้ากว้างของสายพาน

3.1.6 ทำการวิเคราะห์ปรับปรุง แก้ไขตัวแปรต้นทุนต่างๆ

3.1.6.1 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบต้นทุนแต่ละขนาดที่ได้จากการเขียนลงในกราฟ ได้ค่าที่ออกมาบกพร่องหรือผิดพลาดหรือไม่

3.1.6.2 ทำการวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขสมการ และตัวแปรต้นทุนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสายพาน และผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ

3.1.7 ทดสอบหลังการปรับปรุงแก้ไขตัวแปร

นำสมการที่ได้หลังจากการปรับปรุงและค่าของตัวแปรต้นทุนต่างๆมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลและบันทึกผลที่ได้จากการปรับปรุง

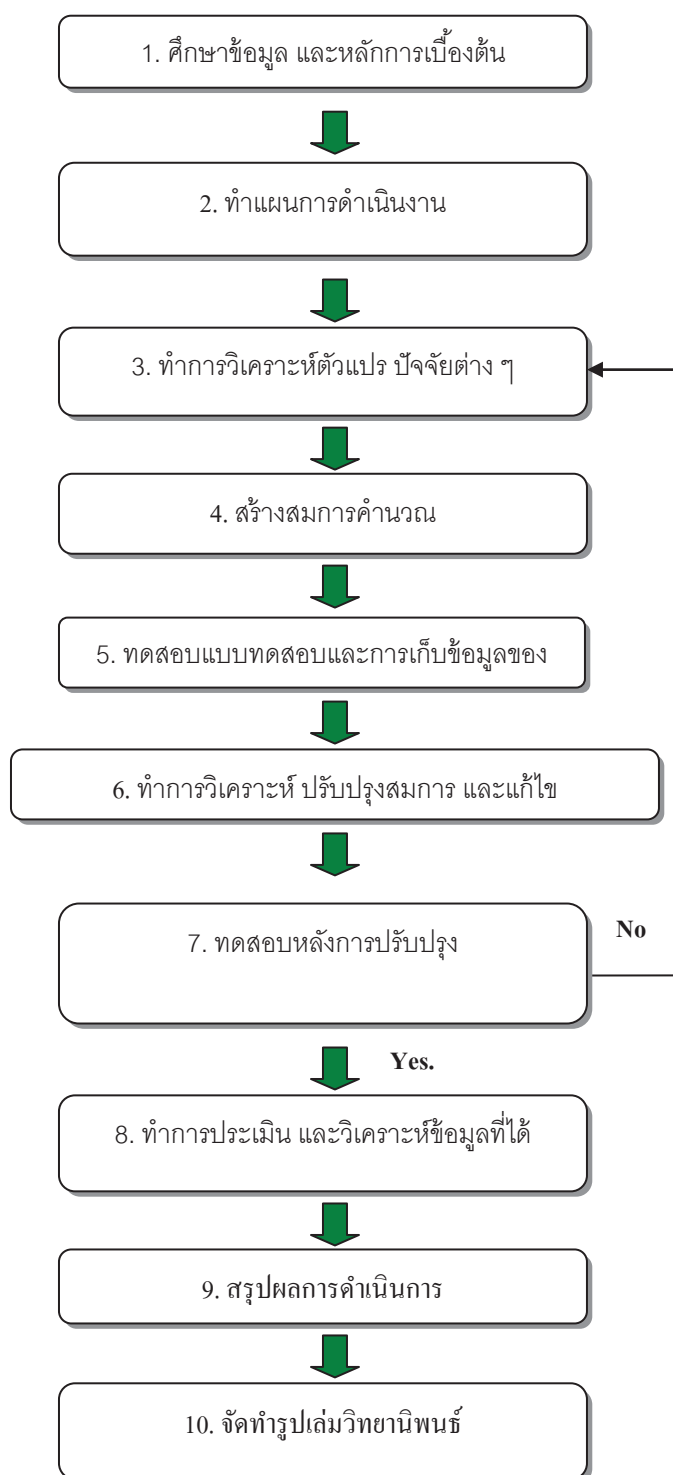
3.1.8 ทำการประเมิน และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงสมการมาทำการเปรียบเทียบหาข้อเหมือนและข้อแตกต่างที่ได้จากการทดสอบ แล้วทำการวิเคราะห์สิ่งที่ได้

3.1.9 สรุปผลการดำเนินงาน

ทำการรวบรวมเนื้อหา ข้อมูลที่ได้จากการดำเนินงานทั้งหมดแล้วทำการวิเคราะห์สรุปให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ เช่น ในรูปของกราฟ แผนภูมิต่าง ๆ

ภาพที่ 4 แผนผังขั้นตอนการทำวิจัย



บทที่ 4

ผลการวิจัย และอภิปรายผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการคำนวณต้นทุนรวมของสายพาน ที่เกิดขึ้นจากการกำหนดค่าต่างๆ ของความกว้างสายพาน ความยาว และมุมลาดเอียงของสายพาน ซึ่งผลการคำนวณเป็นดังนี้

4.1 ความกว้างหน้าสายพานที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ - วิวิศวกรรม

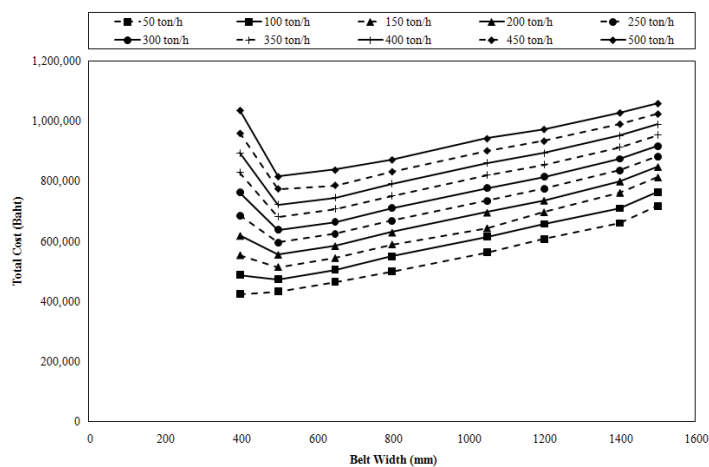
ภาพที่ 4-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนรวมของสายพานกับความกว้างของสายพาน โดยแกนตั้งแสดงต้นทุนรวมของสายพานในหน่วยบาท และแกนนอนแสดงความกว้างของหน้าสายพานในหน่วยมิลลิเมตร ข้อมูลที่แสดงในรูปแบบแสดงข้อมูลการคำนวณสำหรับอัตราการผลิต 50 – 500 คันต่อชั่วโมง โดยภาพที่ 4-1ก ถึง 4-1ค แสดงข้อมูลการคำนวณสำหรับสายพานที่วางตัวตามแนวระดับ (มุมเอียงสายพาน 0 องศา) โดยสายพานมีความยาว 10, 50 และ 100 เมตร ตามลำดับ สำหรับภาพที่ 4-1ง ถึง 4-1ฉ แสดงข้อมูลการคำนวณสำหรับสายพานที่มีมุมเอียงสายพาน 10 องศา และภาพที่ 4-1ช ถึง 4-1ฉ แสดงข้อมูลการคำนวณสำหรับสายพานที่มีมุมเอียงสายพาน 10 องศา

จากภาพที่ 4-1ก ถึง 4-1ฉ จะพบว่าสำหรับทุกค่าความยาวสายพาน และทุกค่ามุมลาดเอียงของสายพาน ที่อัตราการผลิต 50 คันต่อชั่วโมงนั้น ความกว้างสายพานที่ทำให้ต้นทุนรวมของสายพานต่ำที่สุด คือ 400 มิลลิเมตร และยังพบว่าเมื่อหน้ากว้างสายพานมีค่ามากขึ้น ต้นทุนรวมของสายพานจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามจะพบว่าในกรณีที่อัตราการผลิตมีค่ามากกว่า 50 คันต่อชั่วโมง ความกว้างสายพานที่ทำให้ต้นทุนรวมของสายพานต่ำที่สุด คือ 500 มิลลิเมตร ลักษณะเช่นนี้พบได้ในทุกค่าความยาวสายพาน และทุกค่ามุมลาดเอียงของสายพาน นอกจากนี้ยังพบว่าสำหรับการขนถ่ายที่มีค่ามากกว่า 50 คันต่อชั่วโมงนั้น แนวโน้มของต้นทุนรวมของสายพานจะมีค่าสูงที่ความกว้างสายพาน 400 มิลลิเมตร จากนั้นต้นทุนรวมของสายพานจะมีแนวโน้มลดต่ำลง โดยที่ความกว้างสายพาน 500 มิลลิเมตรจะเป็นจุดที่มีต้นทุนรวมของสายพานต่ำที่สุด และเมื่อความกว้างสายพานมีค่าเพิ่มมากขึ้น แนวโน้มของต้นทุนรวมของสายพานก็จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

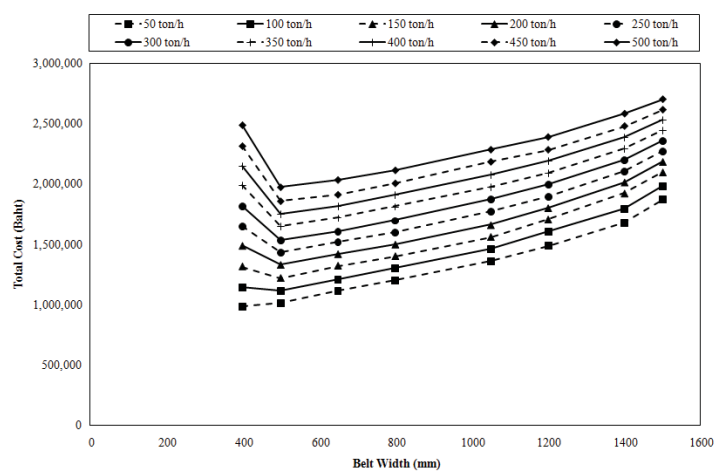
หากกำหนดให้จุดที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ – วิวิศวกรรมในการออกแบบความกว้างสายพาน คือ จุดที่มีต้นทุนรวมของสายพานต่ำที่สุดแล้ว จะเห็นได้ว่าต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุด สามารถแบ่งออกได้เป็นสองลักษณะ คือ ต้นทุนที่ต่ำที่สุดโดยไม่มีจุดวกกลับของต้นทุนรวม ซึ่งเกิดขึ้นในทุกกรณีที่อัตราการผลิตมีค่า 50 คันต่อชั่วโมง และต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่มีจุดวกกลับของต้นทุนรวม ซึ่งเกิดขึ้นในทุกกรณีที่อัตราการผลิตมีค่ามากกว่า 50 คันต่อชั่วโมง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากอิทธิพลของต้นทุนในส่วน of ค่าพลังงานที่ใช้ในการเดินสายพานนั่นเอง ความจริงในข้อ

นี้สามารถพิสูจน์ได้จากภาพที่ 4-2 และ 4-3 ซึ่งแสดงต้นทุนต่างๆ ที่เกิดขึ้นของสายพานที่มีอัตราการขนถ่าย 50 และ 100 คันต่อชั่วโมง ตามลำดับโดยสายพานทั้งคู่มีความยาว 10 เมตร และมีมุมลาดเอียงของสายพาน 0 องศา จากรูปจะพบว่าต้นทุนค่าพลังงานที่ใช้ในการเดินสายพานมีค่ามากสำหรับกรณีความกว้างสายพานมีค่า 400 มิลลิเมตร และต้นทุนค่าพลังงานนี้จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อความกว้างสายพานมีค่า 500 มิลลิเมตร และเมื่อความกว้างสายพานมีค่ามากกว่าค่านี้ ต้นทุนค่าพลังงานจะมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ ในขณะที่ต้นทุนอื่นๆ ของสายพานอันได้แก่ ค่าตัวรองรับ ค่าตัวขับ ค่าโครงสร้าง ค่าสายพาน และค่าติดตั้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความกว้างของสายพานมีค่ามากขึ้นจะเห็นได้ว่าในกรณีที่อัตราการขนถ่ายมีค่า 50 คันต่อชั่วโมง อัตราการลดลงของต้นทุนค่าพลังงานในการเดินสายพานในช่วงความกว้างสายพานจาก 400 มิลลิเมตร เป็น 500 มิลลิเมตร มีค่าน้อยกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของต้นทุนอื่นๆ ที่คิดรวมกัน ดังนั้นจึงพบว่าแนวโน้มของต้นทุนรวมของสายพานมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามความกว้างของสายพาน และมีจุดที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุดที่ความกว้างสายพาน 400 มิลลิเมตรซึ่งเป็นความกว้างสายพานที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการคำนวณสำหรับกรณีที่อัตราการขนถ่ายมีค่ามากกว่า 50 คันต่อชั่วโมง อัตราการลดลงของต้นทุนค่าพลังงานในการเดินสายพานในช่วงความกว้างสายพานจาก 400 มิลลิเมตร เป็น 500 มิลลิเมตร จะมีค่ามากกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของต้นทุนอื่นๆ ที่คิดรวมกัน ในขณะที่อัตราการลดลงของต้นทุนค่าพลังงานมีค่าน้อยกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของต้นทุนอื่นๆ รวมกัน เมื่อ ความกว้างสายพานมีค่ามากกว่า 500 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงพบจุดวกกลับของต้นทุนรวมที่ความกว้างสายพาน 500 มิลลิเมตร ทำให้ที่ความกว้างสายพาน 500 มิลลิเมตร เป็นจุดที่ให้ค่าต้นทุนรวมสายพานที่ต่ำที่สุด

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพานสามารถเกิดขึ้นได้สองลักษณะ คือ ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นโดยไม่มีจุดวกกลับของต้นทุนรวม ซึ่งในกรณีนี้เกิดขึ้นเมื่อสายพานมีอัตราการขนถ่าย 50 คันต่อชั่วโมง สำหรับทุกค่าความยาว และมุมลาดเอียงของสายพาน โดยความกว้างของสายพานที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุด คือ 400 มิลลิเมตร ในอีกลักษณะหนึ่งคือต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นโดยมีจุดวกกลับของต้นทุนรวมของสายพาน ลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อสายพานมีอัตราการขนถ่ายมากกว่า 50 คันต่อชั่วโมง โดยจุดที่ต้นทุนรวมของสายพานมีค่าต่ำที่สุดเกิดขึ้นที่จุดวกกลับของต้นทุนรวม และพบว่าจุดนี้เกิดที่ความกว้างสายพาน 500 มิลลิเมตร สำหรับทุกค่าความยาว และมุมลาดเอียงของสายพาน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากอิทธิพลของอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนค่าพลังงานในการเดินสายพาน เทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนอื่นๆ รวมกัน เมื่อความกว้างสายพานเปลี่ยนไป

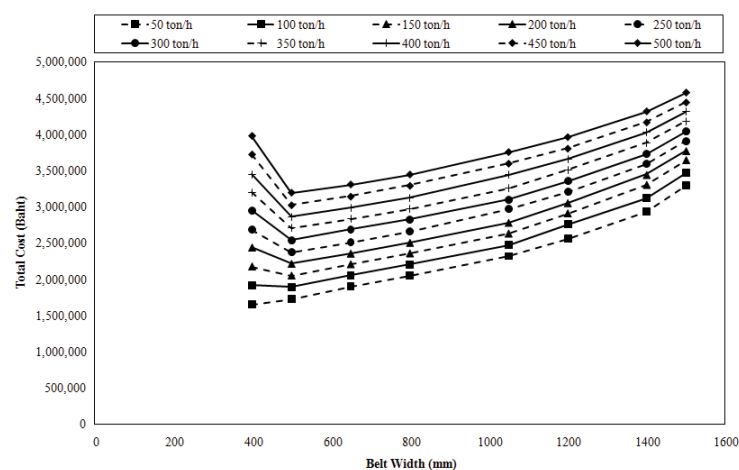


ก. ความยาวสายพาน 10 เมตร มุมเอียง 0 องศา

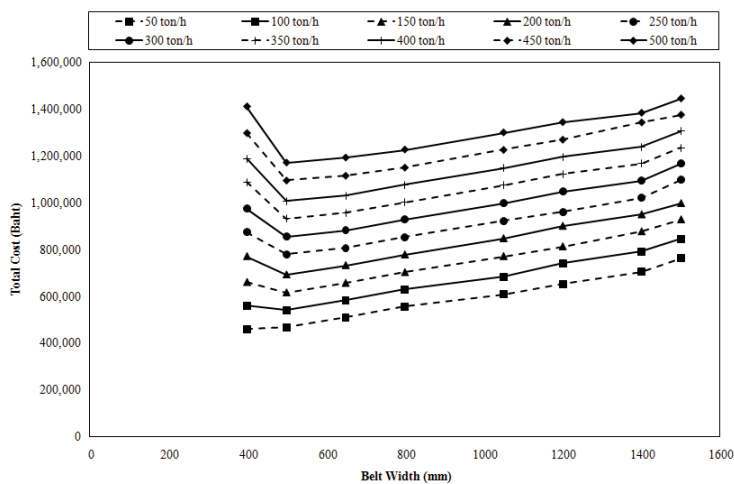


ข. ความยาวสายพาน 50 เมตร มุมเอียง 0 องศา

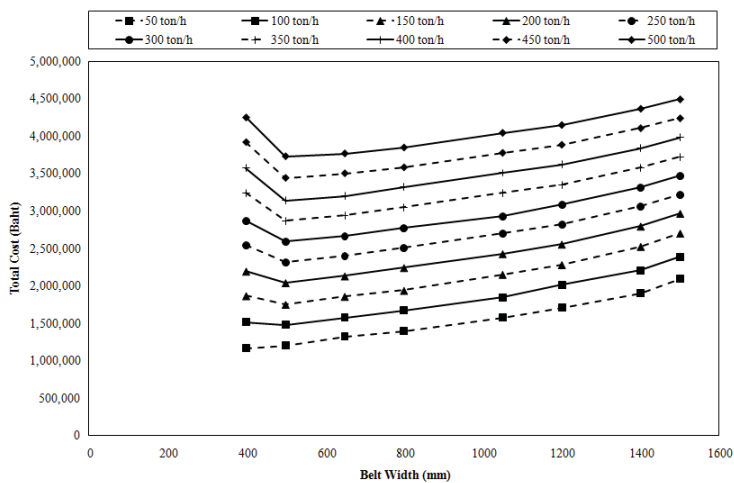
ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนรวมของสายพานกับความกว้างของสายพาน



ค. ความยาวสายพาน 100 เมตร มุมเอียง 0 องศา

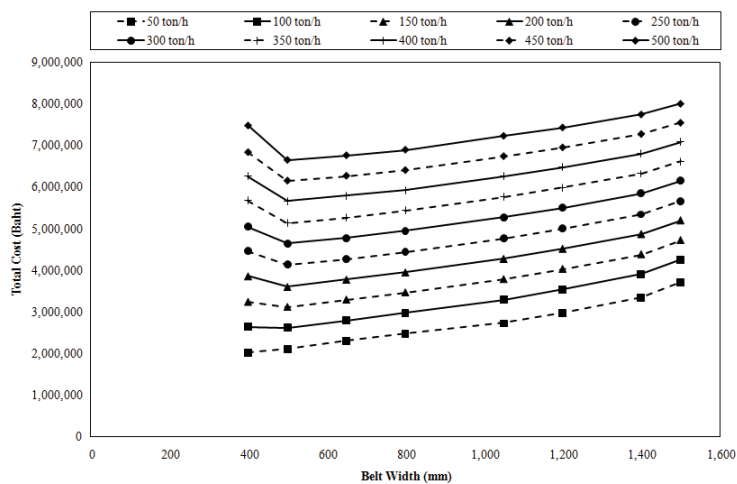


ง. ความยาวสายพาน 10 เมตร มุมเอียง 10 องศา

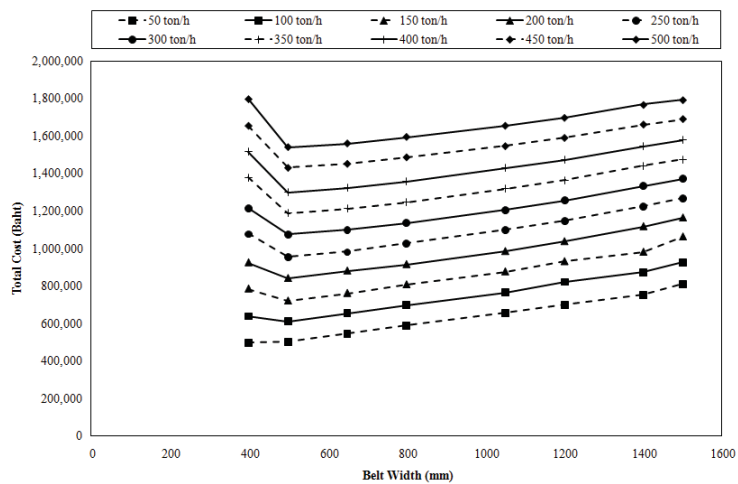


จ. ความยาวสายพาน 50 เมตร มุมเอียง 10 องศา

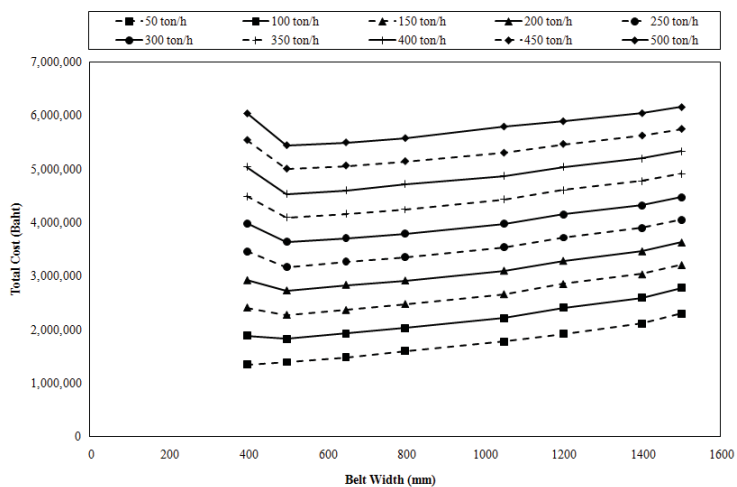
ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนรวมของสายพานกับความกว้างของสายพาน
(ต่อ)



ฉ. ความยาวสายพาน 100 เมตร มุมเอียง 10 องศา

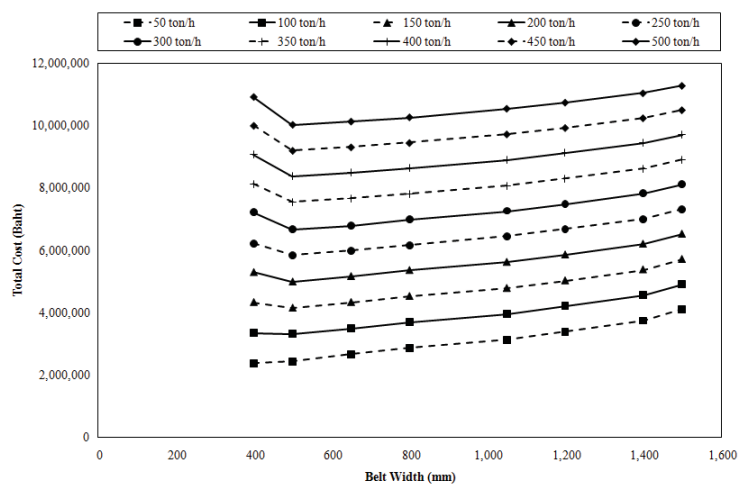


ช. ความยาวสายพาน 10 เมตร มุมเอียง 20 องศา



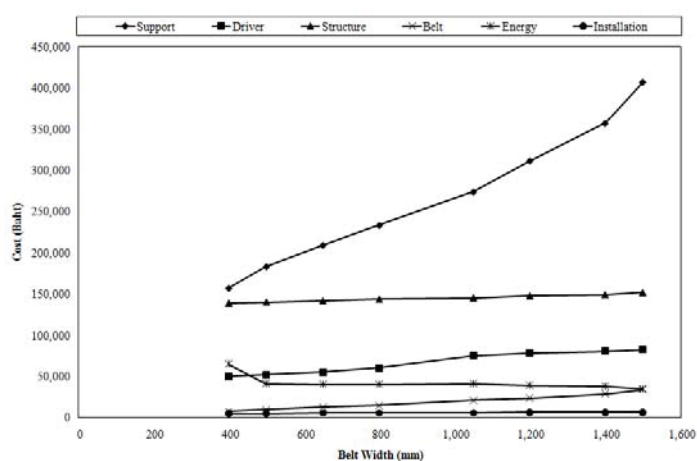
ณ. ความยาวสายพาน 50 เมตร มุมเอียง 20 องศา

ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนรวมของสายพานกับความกว้างของสายพาน
(ต่อ)

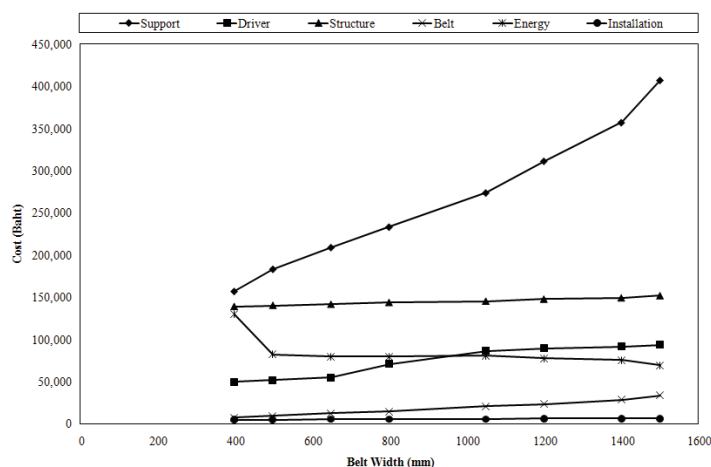


ข. ความยาวสายพาน 100 เมตร มุมเอียง 20 องศา

ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนรวมของสายพานกับความกว้างของสายพาน
(ต่อ)



ภาพที่ 6 ต้นทุนต่างๆ ที่เกิดขึ้นสำหรับสายพานที่อัตราการขนถ่าย 50 ตันต่อชั่วโมง
ความยาวสายพาน 10 เมตร มุมลาดเอียงของสายพาน 0 องศา



ภาพที่ 7 ต้นทุนต่างๆ ที่เกิดขึ้นสำหรับสายพานที่อัตราการขนถ่าย 100 ตันต่อชั่วโมง

ความยาวสายพาน 10 เมตร มุมลาดเอียงของสายพาน 0 องศา

4.2 ผลของความยาวสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพาน

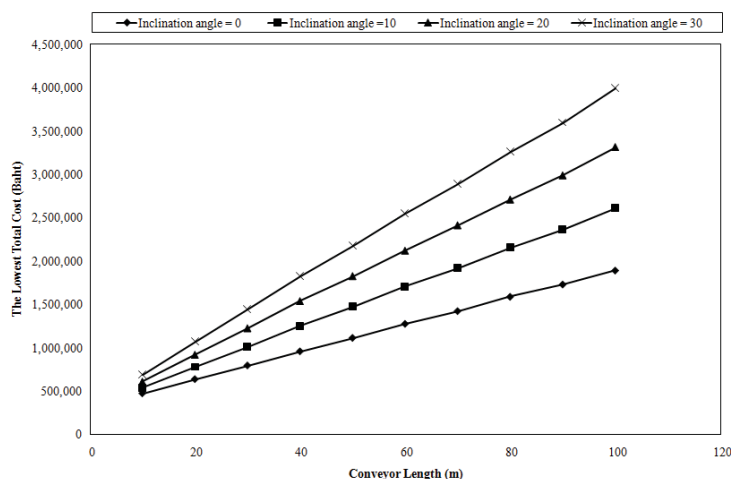
นับตั้งแต่ตอนนี้ต่อไป จะไม่พิจารณาความกว้างสายพานที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมสายพานที่ต่ำที่สุด (ความกว้างสายพานที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์-วิศวกรรม) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นที่ทราบดีแล้วว่าความกว้างของสายพานที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 400–500 มิลลิเมตร แต่อย่างไรก็ดีการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นที่จุดที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ – วิศวกรรม (หรืออีกนัยหนึ่งคือ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมสายพานที่ต่ำที่สุด) เมื่อตัวแปรต่างๆ เปลี่ยนไปยังคงมีความสำคัญอยู่ดังนั้นเนื้อหาในส่วนต่อไปนี้จะเน้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมสายพานที่ต่ำที่สุด

ภาพที่ 4-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวสายพานกับต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุด สำหรับสายพานที่มีอัตราการขนถ่าย 100 ตันต่อชั่วโมง โดยแกนราบแสดงความยาวสายพานในหน่วยเมตร และแกนตั้งแสดงต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดในหน่วยบาท เป็นที่สังเกตว่าต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดที่แสดงในแกนตั้งนี้ เป็นต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นในการคำนวณต้นทุนรวมของสายพานที่มีความกว้างสายพานตั้งแต่ 400 – 1500 มิลลิเมตร (จากผลวิจัยในข้อที่ 4.1 อาจกล่าวได้ว่าต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดสำหรับอัตราการขนถ่ายที่มากกว่า 50 ตันต่อชั่วโมง คือ ต้นทุนรวมของสายพานที่ความกว้างสายพาน 500 มิลลิเมตร) จากภาพที่ 4-4 จะพบว่าต้นทุนรวมสายพานที่ต่ำที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นตามความยาวสายพานที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมสายพานที่ต่ำที่สุดเทียบกับการเปลี่ยนแปลงความยาวสายพาน หรืออีกนัยหนึ่งคือความชันของกราฟความสัมพันธ์ในภาพที่ 4-4 จะพบว่าสำหรับค่ามุมเอียงของสายพาน 0, 10, 20 และ 30 องศา ความชันจะมีค่า 15775.94, 23037.29, 30027.85 และ 36716.11 บาทต่อเมตรตามลำดับ จะพบแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้กับสายพานที่มีอัตราการขนถ่าย 500 ตัน

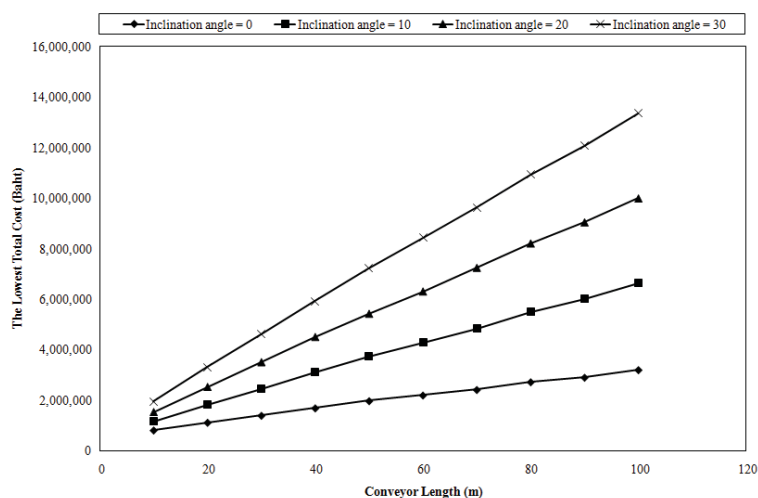
ต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4-5 และเมื่อพิจารณาความชันของกราฟในภาพที่ 4-5 จะพบว่าสำหรับค่ามุมเอียงของสายพาน 0, 10, 20 และ 30 องศา ความชันจะมีค่า 26452.12, 60764.15, 94071.64 และ 126783.1 บาทต่อเมตรตามลำดับ

สิ่งนี้เป็นสิ่งยืนยันว่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของต้นทุนรวมสายพานที่มีค่าต่ำที่สุดเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นตามความยาวสายพานที่เพิ่มขึ้นนั้น เกิดขึ้นในทุกอัตราการขนถ่ายและค่ามุมเอียงของสายพาน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่อความยาวสายพานมีค่าเพิ่มขึ้น ต้นทุนย่อยต่างๆ ของสายพานที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น ดังตัวอย่างของสายพานที่มีอัตราการขนถ่าย 100 ตันต่อชั่วโมง และมุมเอียงสายพาน 0 องศา ที่แสดงในภาพที่ 4-6 ดังนั้นต้นทุนรวมที่จุดที่มีค่าต่ำที่สุดของสายพานจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นตามไปด้วย นอกจากนี้ค่าความชันที่เพิ่มขึ้นในทุกมุมเอียง และอัตราการขนถ่ายยังแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของมุมเอียง และอัตราการขนถ่ายที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุด ซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

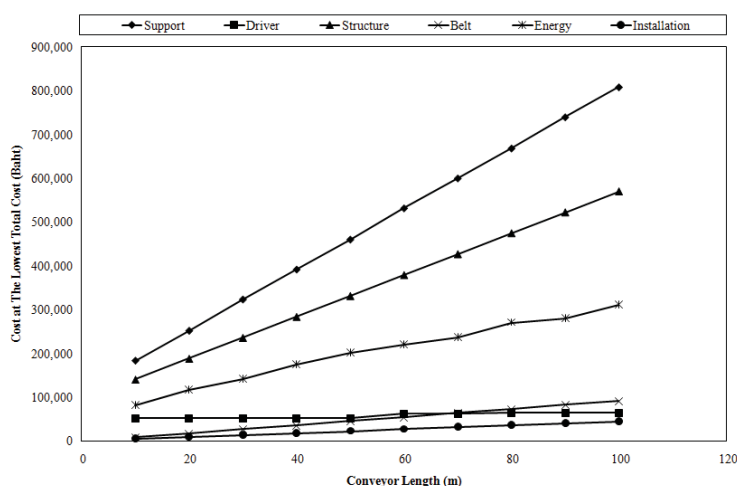
ดังนั้นสรุปได้ว่าเมื่อความยาวของสายพานมีค่าเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดเทียบกับการเพิ่มขึ้นของความยาวสายพานจะเปลี่ยนแปลงไปตามมุมเอียง และอัตราการขนถ่ายของสายพาน



ภาพที่ 8 ผลของความยาวสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นที่มุมเอียงต่างๆ สำหรับสายพานที่มีอัตราการขนถ่าย 100 ตันต่อชั่วโมง



ภาพที่ 9 ผลของความยาวสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นที่มุมเอียงต่างๆ สำหรับสายพานที่มีอัตราการขนถ่าย 500 ตันต่อชั่วโมง



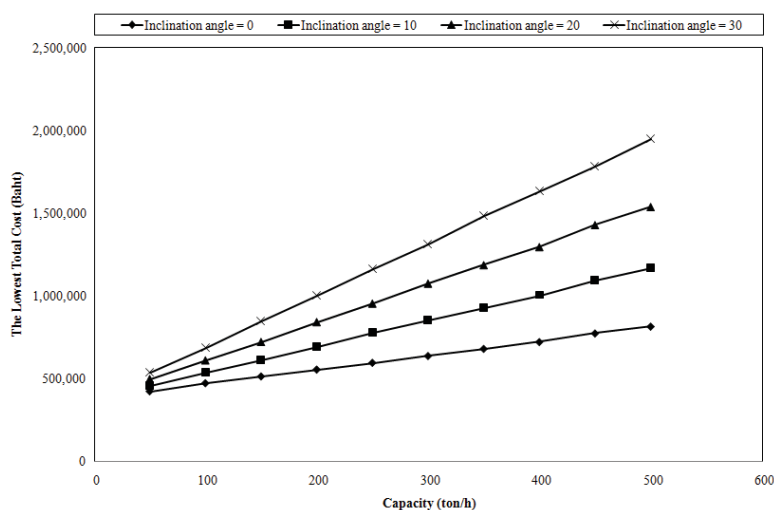
ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของต้นทุนย่อยของสายพานกับความยาวสายพาน สำหรับสายพานที่มีอัตราการขนถ่าย 100 ตันต่อชั่วโมง มุมเอียง 0 องศา

4.3 ผลของอัตราการขนถ่ายที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพาน

ภาพที่ 4-7 และ 4-8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายกับต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุด สำหรับสายพานที่มีความยาว 10 และ 100 เมตร ตามลำดับ โดยแกนราบแสดงอัตราการขนถ่ายของสายพานในหน่วยตันต่อชั่วโมง และแกนตั้งแสดงต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดในหน่วยบาทจากภาพที่ 4-7 จะพบว่าสำหรับสายพานที่วางตัวในแนวระดับ (ค่ามุมเอียงที่ 0 องศา) เมื่ออัตราการขนถ่ายมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 50 ตันต่อชั่วโมงเป็น 500 ตันต่อชั่วโมง ต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นจาก 423,359 บาท เป็น 815,184 บาท แนวโน้มการเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นในลักษณะนี้เกิดขึ้นกับสายพานที่มีมุมลาดเอียง 10, 20 และ 30 องศาเช่นกัน และเมื่อพิจารณา

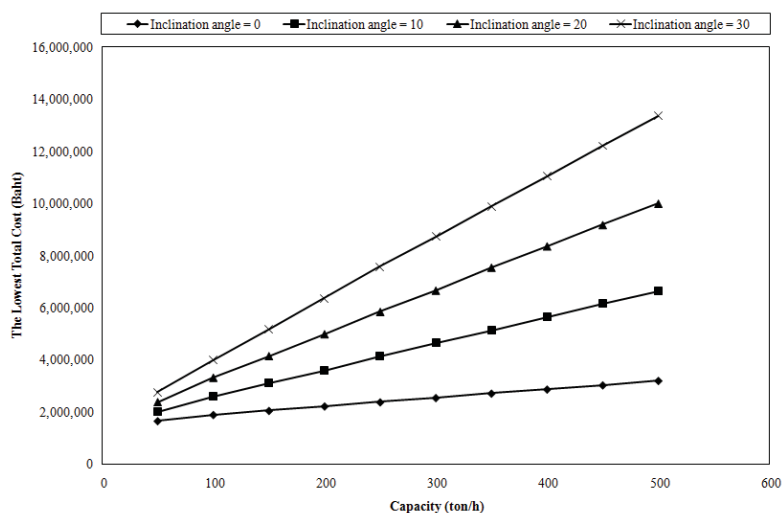
ภาพที่ 4-8 จะพบว่าสำหรับสายพานที่วางตัวในแนวระดับ (ค่ามุมเอียงที่ 0 องศา) เมื่ออัตราการขนถ่ายมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 50 ตันต่อชั่วโมงเป็น 500 ตันต่อชั่วโมง ต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นจาก 1,654,144 บาท เป็น 3,195,875 บาท นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นในลักษณะนี้กับสายพานที่มีมุมลาดเอียงอื่นๆ เช่นกันที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่ออัตราการขนถ่ายของสายพานมีค่าเพิ่มขึ้น ต้นทุนค่าพลังงานสำหรับจุดที่มีต้นทุนสายพานรวมต่ำที่สุดจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากในลักษณะเชิงเส้น ในขณะที่ต้นทุนย่อยต่างๆ ของสายพานที่จุดที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุดจะมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ และอาจมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับต้นทุนค่าพลังงานที่ใช้ในการเดินสายพาน ดังนั้นอิทธิพลของต้นทุนค่าพลังงานจึงส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมของสายพานที่มีค่าต่ำที่สุด และทำให้ต้นทุนรวมที่จุดที่มีค่าต่ำที่สุดของสายพานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นตามไปด้วยลักษณะของต้นทุนย่อยเช่นนี้พบได้ในทุกค่าความยาวสายพาน และค่ามุมเอียงของสายพาน ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนย่อยที่จุดที่เกิดต้นทุนรวมของสายพานต่ำที่สุด สำหรับสายพานที่มีความยาว 10 เมตร และวางตัวในแนวระดับ (มุมเอียง 0 องศา) เป็นดังแสดงในภาพที่ 4-9

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเมื่ออัตราการขนถ่ายของสายพานมีค่าเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น โดยต้นทุนย่อยด้านพลังงานเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุด



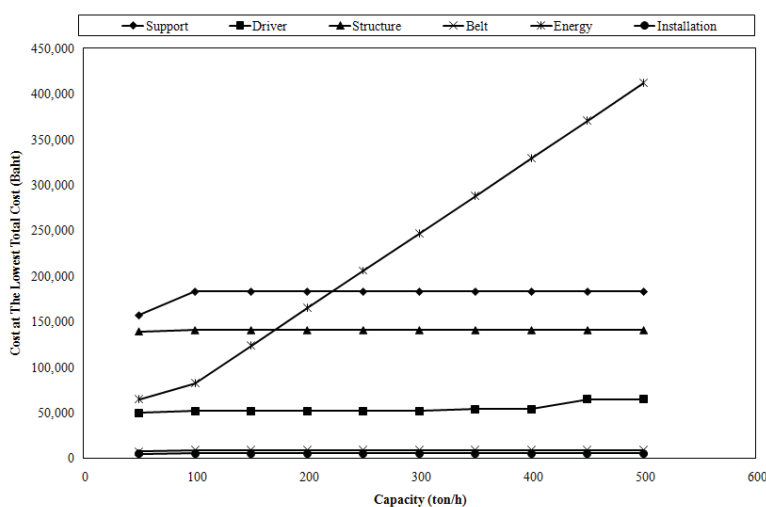
ภาพที่ 11 ผลของอัตราการขนถ่ายของสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นที่มุมเอียงต่างๆ

สำหรับสายพานที่มีความยาว 10 เมตร



ภาพที่ 12 ผลของอัตราการขนถ่ายของสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นที่มุมเอียงต่างๆ

สำหรับสายพานที่มีความยาว 100 เมตร



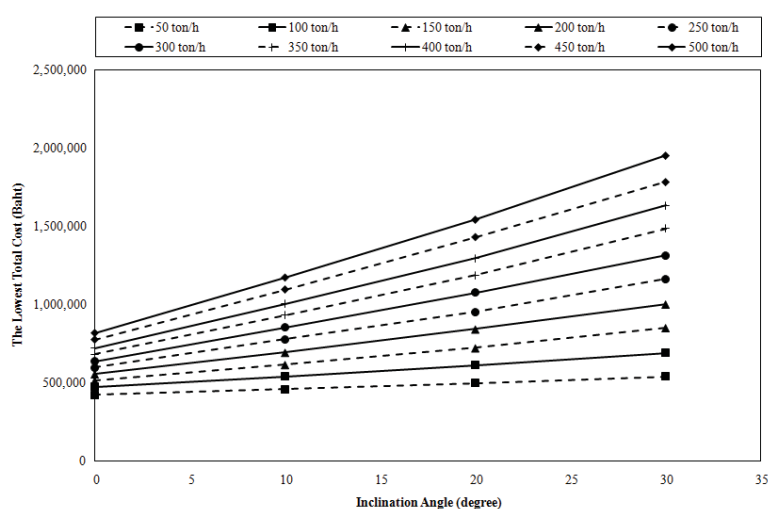
ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ของต้นทุนย่อยของสายพานกับอัตราการขนถ่ายของสายพาน
สำหรับสายพานที่มีความยาว 10 เมตร มุมเอียง 0 องศา

4.4 ผลของมุมเอียงที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพาน

ภาพที่ 4-10 และ 4-11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงกับต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุด สำหรับสายพานที่มีความยาว 10 และ 100 เมตร ตามลำดับ โดยแกนราบแสดงมุมเอียงของสายพานในหน่วยองศา และแกนตั้งแสดงต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดในหน่วยบาท จากภาพที่ 4-10 จะพบว่าสำหรับทุกค่าอัตราการขนถ่ายนั้น ต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดจะมีค่าเพิ่มขึ้น

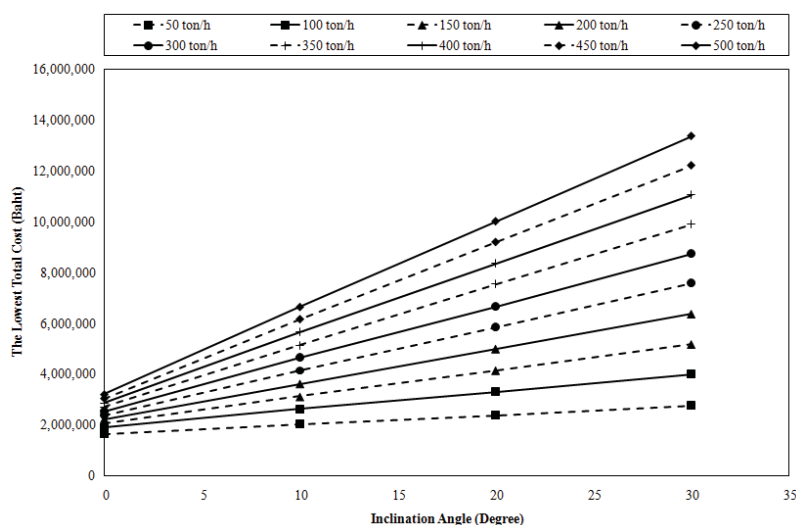
เป็นเชิงเส้นตามค่ามุมเอียงที่เพิ่มขึ้น โดยจะเห็นว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดเทียบกับการเพิ่มขึ้นของมุมเอียงของสายพาน (ความชันของกราฟ) จะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 3,853.09 บาทต่อองศา เป็น 37,810.13 บาทต่อองศาเมื่ออัตราการขนถ่ายเพิ่มขึ้นจาก 50 ตันต่อชั่วโมง เป็น 500 ตันต่อชั่วโมง แนวโน้มการเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้นนี้พบได้ในทุกความยาวสายพาน โดยจะเห็นได้จากภาพที่ 4-11 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นของต้นทุนพลังงานสำหรับจุดที่มีต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุด ในขณะที่ต้นทุนย่อยอื่นๆ สำหรับจุดที่มีต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดไม่เปลี่ยนแปลง โดยจะเห็นได้จากการคำนวณต้นทุนย่อยของต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพานที่มีความยาว 10 เมตร และมีอัตราการขนถ่าย 100 ตันต่อชั่วโมงดังแสดงในภาพที่ 4-12 ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดเมื่อมุมเอียงเพิ่มขึ้น จึงเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนค่าพลังงานโดยตรง

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเมื่อมุมเอียงของสายพานมีค่าเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นโดยต้นทุนย่อยด้านพลังงานเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุด



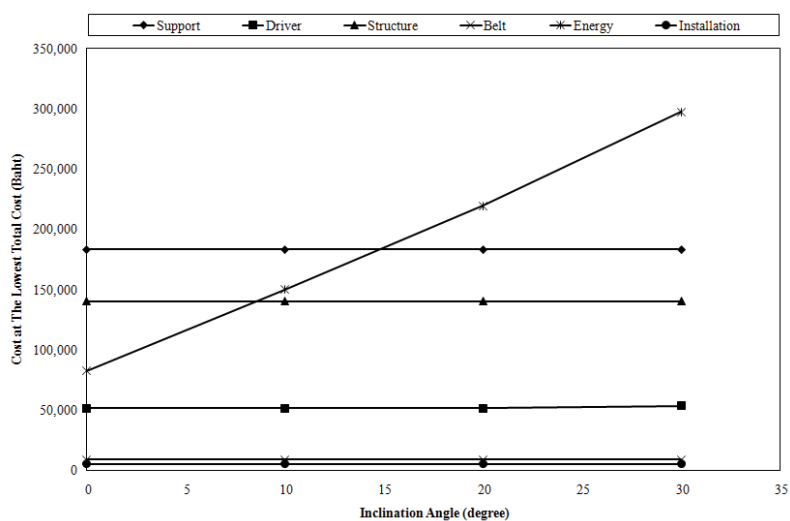
ภาพที่ 13 ผลของมุมเอียงของสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นที่อัตราการขนถ่ายต่างๆ

สำหรับสายพานที่มีความยาว 10 เมตร



ภาพที่ 14 ผลของมุมเอียงของสายพานที่มีต่อต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นที่อัตราการขนถ่ายต่างๆ

สำหรับสายพานที่มีความยาว 100 เมตร



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ของต้นทุนย่อยของสายพานกับมุมเอียงของสายพาน สำหรับสายพานที่มีความยาว 10 เมตร อัตราการขนถ่าย 100 ตันต่อชั่วโมง

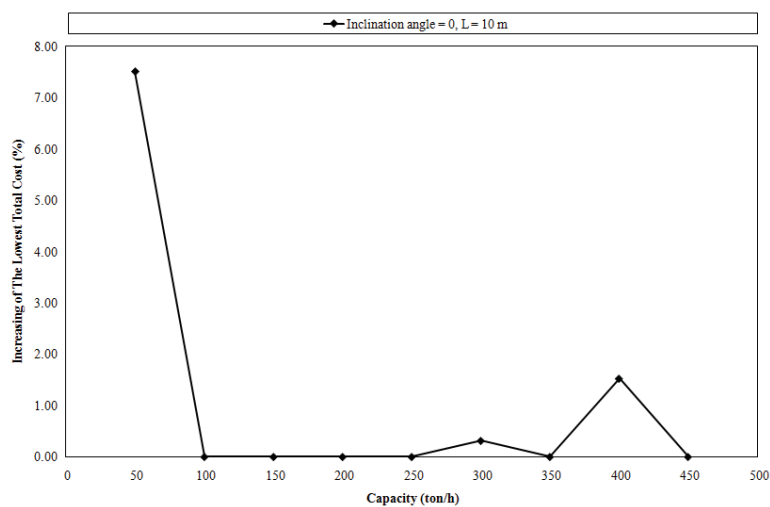
4.5 ผลของการเพื่ออัตราการขนถ่ายของสายพานให้มากกว่าขนาดการใช้งานจริงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพาน

ในการใช้งานสายพานขนาดเล็กนั้น ผู้ใช้งานอาจมีความต้องการเพิ่มอัตราการขนถ่ายสำหรับอนาคต หรืออาจพบความต้องการอัตราการขนถ่ายที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ ในสถานการณ์เช่นนี้อาจมีความจำเป็นต้องเพื่ออัตราการขนถ่ายให้มากกว่าการใช้งานจริง ดังนั้นในหัวข้อนี้จะ

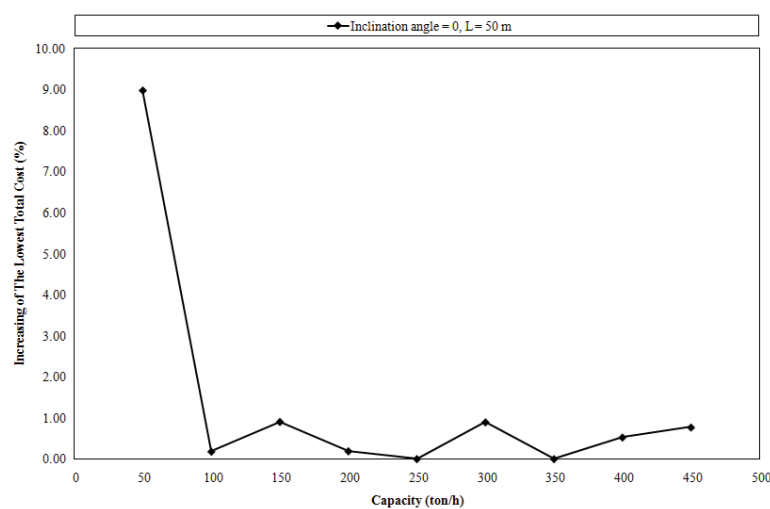
วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดเมื่อมีการเผื่ออัตราการขนถ่ายให้มากกว่าการใช้งานจริง 50 คันต่อชั่วโมง

ภาพที่ 4-13 และภาพที่ 4-14 แสดงความสัมพันธ์ของต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่เพิ่มขึ้นกับอัตราการขนถ่ายของสายพานที่ใช้งานจริง เมื่อมีการออกแบบให้อัตราการขนถ่ายมีค่ามากกว่าการใช้งานจริง 50 คันต่อชั่วโมง (เผื่ออัตราการขนถ่ายขึ้น 50 คันต่อชั่วโมง) ในกรณีสายพานมีมุมเอียง 0 องศา และสายพานยาว 10 เมตร และ 50 เมตรตามลำดับ โดยแกนตั้งแสดงการเพิ่มขึ้นของต้นทุนรวมสายพานที่ต่ำที่สุดในกรณีที่เพิ่มอัตราการขนถ่ายขึ้น 50 คันต่อชั่วโมงเทียบกับต้นทุนรวมสายพานที่ต่ำที่สุดในกรณีใช้งานเต็มกำลังอัตราการขนถ่ายในหน่วยเปอร์เซ็นต์ และแกนนอนแสดงอัตราการขนถ่ายที่การใช้งานจริง จากรูปจะพบว่าในกรณีที่อัตราการขนถ่ายที่ใช้งานจริงมีค่า 50 คันต่อชั่วโมง การเผื่ออัตราการขนถ่ายเพิ่มขึ้นอีก 50 คันต่อชั่วโมงจะมีผลทำให้ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพานมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การเผื่อขนาดอัตราการขนถ่ายเพิ่มขึ้นอีก 50 คันต่อชั่วโมง ในกรณีที่อัตราการขนถ่ายที่ใช้งานจริงตั้งแต่ 100 คันต่อชั่วโมงจะทำให้มีต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดเพิ่มขึ้นไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ แนวโน้มเช่นนี้พบได้ในกรณีที่สายพานวางตัวในมุมเอียงอื่นๆ เช่นกัน ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในภาพที่ 4-15 และ 4-16 ซึ่งเป็นกรณีของสายพานที่มีมุมเอียง 30 องศา และมีความยาวสายพาน 50 เมตร และ 100 เมตรตามลำดับ

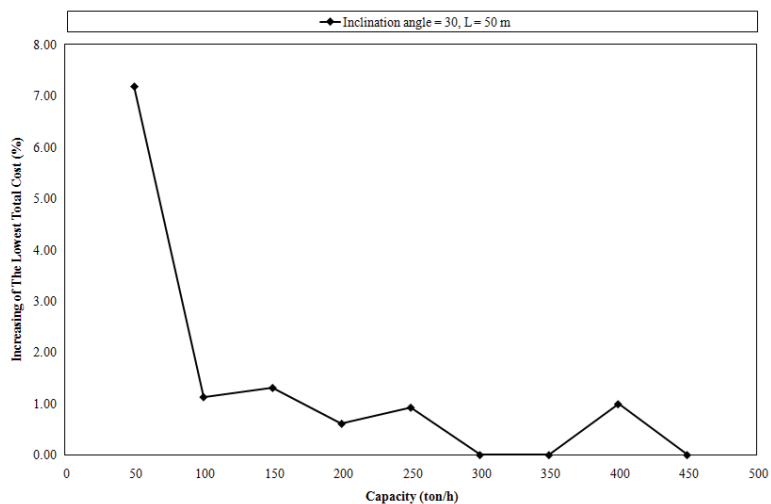
ดังนั้นสรุปได้ว่าในกรณีที่อัตราการขนถ่ายที่ใช้งานจริงมีค่า 50 คันต่อชั่วโมง การเพิ่มอัตราการขนถ่ายขึ้น 50 คันต่อชั่วโมง จะมีผลทำให้ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพานมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรณีที่อัตราการขนถ่ายที่ใช้งานจริงมีค่า 100 คันต่อชั่วโมง การเพิ่มอัตราการขนถ่ายขึ้น 50 คันต่อชั่วโมง จะมีผลทำให้ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพานมีค่าเพิ่มขึ้นไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์



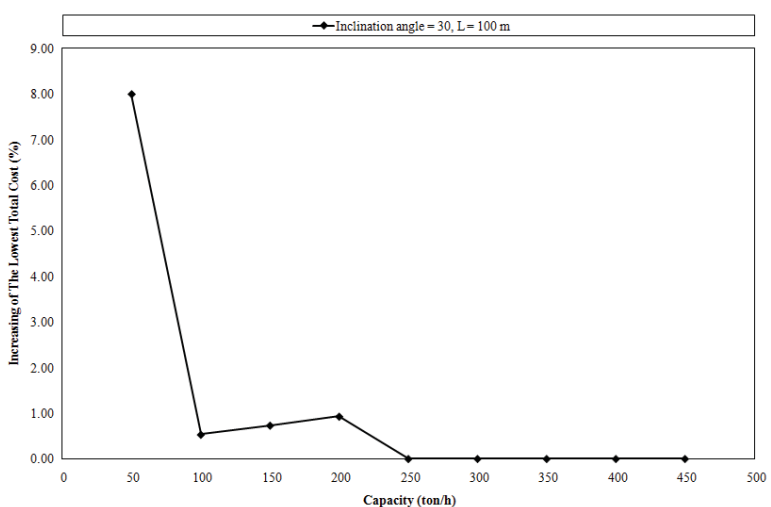
ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ของต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่เพิ่มขึ้นกับอัตราการขนถ่ายของสายพานที่ใช้งานจริง เมื่อมีการออกแบบให้อัตราการขนถ่ายมีค่ามากกว่าการใช้งานจริง 50 ตันต่อชั่วโมง (เพื่ออัตราการขนถ่ายขึ้น 50 ตันต่อชั่วโมง) ในกรณีสายพานยาว 10 เมตร และมีมุมเอียง 0 องศา



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ของต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่เพิ่มขึ้นกับอัตราการขนถ่ายของสายพานที่ใช้งานจริง เมื่อมีการออกแบบให้อัตราการขนถ่ายมีค่ามากกว่าการใช้งานจริง 50 ตันต่อชั่วโมง (เพื่ออัตราการขนถ่ายขึ้น 50 ตันต่อชั่วโมง) ในกรณีสายพานยาว 50 เมตร และมีมุมเอียง 0 องศา



ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ของต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่เพิ่มขึ้นกับอัตราการขนถ่ายของสายพานที่ใช้งานจริง เมื่อมีการออกแบบให้อัตราการขนถ่ายมีค่ามากกว่าการใช้งานจริง 50 ตันต่อชั่วโมง (เพื่ออัตราการขนถ่ายขึ้น 50 ตันต่อชั่วโมง) ในกรณีสายพานยาว 50 เมตร และมีมุมเอียง 30 องศา



ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ของต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่เพิ่มขึ้นกับอัตราการขนถ่ายของสายพานที่ใช้งานจริง เมื่อมีการออกแบบให้อัตราการขนถ่ายมีค่ามากกว่าการใช้งานจริง 50 ตันต่อชั่วโมง (เพื่ออัตราการขนถ่ายขึ้น 50 ตันต่อชั่วโมง) ในกรณีสายพานยาว 100 เมตร และมีมุมเอียง 30 องศา

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำการศึกษาการหาขนาดความกว้างที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ – วิศวกรรมของสายพานลำเลียง รวมทั้งทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นที่จุดที่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ – วิศวกรรม (หรืออีกนัยหนึ่งคือ การศึกษการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมสายพานที่ต่ำที่สุด) เมื่อตัวแปรต่างๆ เปลี่ยนไป นอกจากนี้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังศึกษาถึงผลของต้นทุนที่ต่ำที่สุดของสายพานที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเผื่อขนาดอัตราการขนถ่ายเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้งานจริง 50 ต้นต่อชั่วโมง ผลการศึกษาได้ข้อสรุปดังนี้

5.1 ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพานสามารถเกิดขึ้นได้สองลักษณะคือ ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นโดยไม่มีจุดวกกลับของต้นทุนรวม ซึ่งในกรณีนี้เกิดขึ้นเมื่อสายพานมีอัตราการขนถ่าย 50 ต้นต่อชั่วโมง สำหรับทุกค่าความยาว และมุมลาดเอียงของสายพาน โดยความกว้างของสายพานที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุด คือ 400 มิลลิเมตร ในอีกลักษณะหนึ่งคือต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นโดยมีจุดวกกลับของต้นทุนรวมของสายพาน ลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อสายพานมีอัตราการขนถ่ายมากกว่า 50 ต้นต่อชั่วโมง โดยจุดที่ต้นทุนรวมของสายพานมีค่าต่ำที่สุดเกิดขึ้นที่จุดวกกลับของต้นทุนรวม และพบว่าจุดนี้เกิดที่ความกว้างสายพาน 500 มิลลิเมตร สำหรับทุกค่าความยาว และมุมลาดเอียงของสายพาน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากอิทธิพลของอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนค่าพลังงานในการเดินสายพาน เทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนอื่นๆ รวมกัน เมื่อความกว้างสายพานเปลี่ยนไป

5.2 เมื่อความยาวของสายพานมีค่าเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดเทียบกับการเพิ่มขึ้นของความยาวสายพานจะเปลี่ยนแปลงไปตามมุมเอียง และอัตราการขนถ่ายของสายพาน

5.3 เมื่ออัตราการขนถ่ายของสายพานมีค่าเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น โดยต้นทุนย่อยด้านพลังงานเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุด

5.4 เมื่อมุมเอียงของสายพานมีค่าเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น โดยต้นทุนย่อยด้านพลังงานเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมของสายพานที่ต่ำที่สุด

เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรณีที่อัตราการขนถ่ายที่ใช้งานจริงมีค่า 100 ตันต่อชั่วโมง การเพิ่มอัตราการขนถ่ายขึ้น 50 ตันต่อชั่วโมง จะมีผลทำให้ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของสายพานมีค่าเพิ่มขึ้นไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์

บรรณานุกรม

- [1] สุวัฒน์ เณรโต และ วสันต์ พรพุททพงศ์. เครื่องดันแบบเครื่องปรับอากาศแบบระเหย มหาวิทยาลัยศิลปากร:วิทยานิพนธ์ภาควิชาอุตสาหกรรมและการจัดการและภาควิชาเครื่องกล, 2549
- [2] สุวัฒน์ เณรโต และ มานพ สีเหลือง. ผลของอัตราดอกเบี้ย และอัตราเงินเฟ้อที่มีต่อการประหยัดสุทธิสูงสุดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมสำหรับเครื่องทำความร้อนกลับชนิดเทอร์โมไซฟอน.มหาวิทยาลัยศิลปากร:วิทยานิพนธ์ภาควิชาอุตสาหกรรมและการจัดการและภาควิชาเครื่องกล, 2550
- [3] Soylemez MS. On the Optimum Heat Exchanger Sizing for Heat Recovery. Vol 41. Energy Conversion & Management, 2000
- [4] Soylemez MS. On the Thermoeconomical Optimization of Heat Pipe Heat Exchanger HPHE for Waste Heat Recovery. Vol 44. Energy Conversion & Management, 2003
- [5] Shirong Zhang and Xiaohua Xia. Optimal control of operation efficiency of belt conveyor systems. Volume 87. Applied Energy ,2010
- [6] A.J.G. Nuttalla, and G. Lodewijksa. Traction versus slip in a wheel-driven belt conveyor. Volume 41. Mechanism and Machine Theory,2006
- [7] นิตติพงศ์ ไสภณพงศ์พิพัฒน์, พงษ์ศิริ จรยन्नท์ และ สุวัฒน์ เณรโต. การวิเคราะห์ เศรษฐศาสตร์เทอร์โม ของความหนาที่เหมาะสมของฉนวนแบบ 2 ชั้นสำหรับเครื่องปรับอากาศ.มหาวิทยาลัยศิลปากร:วิทยานิพนธ์ภาควิชาเครื่องกลและภาควิชาอุตสาหกรรมและการจัดการ, 2552
- [8] วิษณุ ประจำชอบ การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดทางเทอร์โมไดนามิกส์ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : วิทยานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน, 2548.
- [9] ไพบุญย์ แยมเฟื่อน. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2549.
- [10] คมกฤษ คำวังจันทร์และ สุวภา วรรณทาป ศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนสายพานลำเลียงโดยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อทำการสร้างโปรแกรมใช้สำหรับช่วยในการคำนวณสายพานลำเลียงเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและตัดสินใจเลือกใช้นาขนาดสายพานลำเลียงที่เหมาะสมที่มีต้นทุนรวมต่ำสุด มหาวิทยาลัยศิลปากร: วิทยานิพนธ์ภาควิชาอุตสาหกรรมและการจัดการ 2553

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก**ตัวอย่างการออกแบบสายพานการลำเลียง**

ตัวอย่างการออกแบบสายพานการลำเลียง

ก.1 ข้อมูลทั่วไปในกรณีการขนถ่ายแนวราบ

ต้องการขนถ่ายวัสดุข้าวสาลีที่มีปริมาตรมวลที่ต้องการ 250 ตันต่อชั่วโมง และมีความหนาแน่นจากวัสดุเท่ากับ 0.76 t/m^3 ในแนวราบ ซึ่งมีความยาวของสายพานเท่ากับ 40 เมตร และมีหน้ากว้างสายพาน 650 mm. และการป้อนวัสดุเป็นแบบสม่ำเสมอต่อเนื่องอย่างสมบูรณ์ตลอดเวลา

ก.2 วิธีการคำนวณ

1. กำหนดความต้องการในการขนถ่าย

- ขนถ่ายวัสดุข้าวสาลี มีปริมาตรมวลที่ต้องการ (Q) 250 ตันต่อชั่วโมง ขนถ่ายในแนวราบ และมีความยาวของสายพาน (L) เท่ากับ 40 เมตร

2. เลือกหน้ากว้างของสายพาน

- โจทย์กำหนด หน้ากว้างสายพานเท่ากับ 650 mm.

3. หาความเร็วเคลื่อนของสายพาน (v)

จากสมการที่ (2.1) $v = Q / Q_m \cdot k \cdot r$

แทนค่าในสมการจะได้ $v = 250 / (164 \times 1 \times 0.76)$

$$v = 2.01 \text{ m/s}$$

4. การคำนวณค่าแรงดึงตามเส้นสัมผัสของลูกกลิ้งขับสายพาน (P)

ซึ่งหาได้จากสมการ (2.3) $P = C \cdot f \cdot L \cdot g [((G_g + 2G_b) \cos \delta) + G_{ro} + G_{ru}] + g \cdot H \cdot G_g$

ค่าที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

4.1 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานตามความยาวของสายพาน $C = 2.4$

ดูจากความยาวสายพานที่ 40 m. แล้วนำไปเทียบดูที่ (ตารางที่ 2-6)

4.2 สัมประสิทธิ์การติดตั้งสายพานลำเลียงที่มีอัตราส่วนการเติมวัสดุ $f = 0.020$

ดูจากลักษณะงานการใช้งาน แล้วไปดูค่าใน (ตารางที่ 2-7)

4.3 ความยาวของสายพานลำเลียง $L = 40 \text{ m}$. กำหนดจากพื้นที่ใช้งานจริง

4.4 แรงโน้มถ่วงจำเพาะบนโลก $9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}$

4.5 น้ำหนักวัสดุขนถ่ายต่อเมตร $G_g = Q / ((3.6) \cdot v)$

$$= 250 / (3.6 \times 2.01)$$

$$= 34.55 \text{ kg/m}$$

4.6 น้ำหนักสายพานต่อเมตร (Gb)

$$\begin{aligned} Gb &= [(T_{Upper} + T_{Lower}) \cdot 1.14 \cdot B] \cdot [(W_{Canvas} \cdot B)] \\ &= [(3+1.5) \times 1.14 \times 0.65] \times [(8 \times 0.65)] \\ &= 17.34 \text{ kg/m.} \end{aligned}$$

4.7 มุมเอียงสายพาน $d = 0$ (องศา) กำหนดจากพื้นที่ใช้งานจริง

4.8 น้ำหนักชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ด้านบน

$$\begin{aligned} Gro &= (W_{Roll, Upper} / I_{Roll, Upper}) \\ &= 9.1 / 1 \\ &= 9.1 \text{ kg/m.} \end{aligned}$$

4.9 น้ำหนักชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ด้านล่าง

$$\begin{aligned} Gru &= (W_{Roll, Lower} / I_{Roll, Lower}) \\ &= 6.5 / 3 \\ &= 2.17 \text{ kg/m.} \end{aligned}$$

4.10 ความสูงของสายพานลำเลียง

$$\begin{aligned} H &= (\sin(d) \cdot L) \\ &= (\sin 0) \times 40 \\ &= 0 \text{ m.} \end{aligned}$$

แทนค่าในสมการ $P = C \cdot f \cdot L \cdot g [((Gg + 2Gb)\cos d) + Gro + Gru] + g \cdot H \cdot Gg$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad P &= 2.4 \times 0.020 \times 40 \times 9.81 \times [(34.55 + 34.68) + 9.1 + 2.17] \\ &\quad + (9.81 \times 0 \times 34.55) \\ &= 1,315.23 \text{ N.} \end{aligned}$$

ค่าแรงดึงตามเส้นสัมผัสของลูกกลิ้งขับเคลื่อนสายพานเท่ากับ 1315.23 N.

5. การคำนวณค่าแรงล่อเข้าไปสู่สายพาน (F1)

ซึ่งหาได้จากสมการ(2.5) $F1 = P[1 + 1/(e^{ux-1})]$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสมการ จะได้} \quad F1 &= 1,315.23 \times (1 + 0.83) \\ &= 2,406.87 \text{ N.} \end{aligned}$$

6. การคำนวณค่าจำนวนชั้นสายพาน (Z)

$$\begin{aligned} \text{ซึ่งหาได้จากสมการ(2.6)} \quad Z &= (F1 \cdot Vz) / (B \cdot Kz) \\ Z &= (2,406.87 \times 1.2) / (0.65 \times 1.1 \times 10^5) \\ Z &= 0.40 \end{aligned}$$

จำนวนชั้นสายพานน้อยที่สุดคือ 1 ชั้น

7. การคำนวณค่ากำลังขับเคลื่อนเพลามอเตอร์ (P_M)

ซึ่งหาได้จากสมการ(2.4) $P_M = (P \cdot v) / (1000 \cdot n)$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสมการ จะได้ } P_M &= (1,315.23 \times 2.01) / (1000 \times 0.85) \\ &= 3.11 \text{ kW.} \end{aligned}$$

กำลังขับเคลื่อนเพลามอเตอร์เท่ากับ 3.11 kW.

8. การคำนวณค่าขนาดมอเตอร์ที่ใช้ (HP_{Motor})

ซึ่งหาได้จากสมการ(2.7) $HP_{\text{Motor}} = (P_M) / (0.75)$

แทนค่าในสมการ จะได้ $HP_{\text{Motor}} = 3.11 / 0.75$

$$HP_{\text{Motor}} = 4.15 \text{ แรงม้า}$$

เครื่องลำเลียงเครื่องนี้ควรใช้มอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า

ขนาดมอเตอร์ที่ใช้ 5 (HP) เทียบตารางความเร็วมอเตอร์ (RPM_{Motor}) จะได้ 1450 rpm

9.การคำนวณค่าความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ (ω_{Motor})

ซึ่งหาได้จากสมการ $\omega_{\text{Motor}} = RPM_{\text{Motor}} \cdot (2\pi/60)$

$$\omega_{\text{Motor}} = 1450 \cdot (2\pi/60)$$

$$\omega_{\text{Motor}} = 151.76 \text{ Rad/s}$$

10. การคำนวณค่าความเร็วเชิงมุมของลูกกิ้ง (ω_{Roll})

ซึ่งหาได้จากความเร็วสายพานที่ได้จากสมการ(2.9)

$$\omega_{\text{Roll}} = 2v/D_{\text{Roll}}$$

แทนค่าในสมการ จะได้ $\omega_{\text{Roll}} = (2 \times 2.01) / (0.45)$

$$= 8.93 \text{ Rad/s}$$

เปลี่ยนหน่วย Rad/s เป็น rpm (คูณด้วย $60/2\pi$) จะได้ 85.32 rpm

11. การคำนวณค่าความปลอดภัยของเกียร์ (FS_{Gear})

ซึ่งหาได้จากสมการ(2.11) $FS_{\text{Gear}} = P_{\text{catalog}} / P_M$

แทนค่าในสมการ จะได้ $FS_{\text{Gear}} = 3.79 / 3.11$

$$= 1.218$$

12.หาขนาดเกียร์ที่เหมาะสมใช้งาน (D_{Gear})

ซึ่งดูใน (ตารางที่ 2-12) จากการนำค่าความเร็วสายพานที่ได้จากขนาดลูกกิ้ง

จะได้ขนาดเกียร์ที่เหมาะสมใช้งานคือ ที่อัตรา 13:1 คือ G13/G20

13.ความเร็วด้านป้อนเข้าเกียร์บ็อก ($\omega_{\text{GB,input}}$)

ซึ่งหาได้จากสมการ $\omega_{GB,input} = \omega_{Roll} \times Rt_{13:1}$
 แทนค่าในสมการ จะได้ $\omega_{GB,input} = 85.32 \times 13$
 $= 1,109.16 \text{ rpm}$

14. การคำนวณค่าขนาดมูเลย์ของเกียร์บ็อก ($D_{pulley,GB,input}$)

ซึ่งหาได้จากสมการ(2.12) $D_{pulley,GB,input} = (\omega_{Motor} / \omega_{GB,input}) \times D_M$
 แทนค่าในสมการจะได้ $D_{pulley,GB,input} = (1450 / 1109.16) \times 0.16$
 $= 0.209 \text{ m}$

ก.3 สรุปผล

ความเร็วเล่นของสายพาน	2.01 m/s
แรงดึงตามเส้นสัมผัสของลูกกลิ้งขับเคลื่อนสายพาน	1,315.23 N.
กำลังขับตรงเพลามอเตอร์	3.11 kW.
เครื่องลำเลียงเครื่องนี้ควรใช้มอเตอร์ขนาด	5 HP
จำนวนชั้นสายพานน้อยที่สุดเท่ากับ	1 ชั้น
ค่าความปลอดภัยของเกียร์	1.218
ขนาดเกียร์ที่เหมาะสมใช้งาน	G13 / G20
หาขนาดพลูเลย์ของเกียร์บ็อก	Ø 0.209 m

ก.3 ข้อมูลทั่วไปในกรณีการขนถ่ายแนวลาดเอียง

ต้องการขนถ่ายวัสดุขี้าวสาลีที่มีปริมาณมวลที่ต้องการ 250 ตันต่อชั่วโมง และมีความหนาแน่นจากวัสดุเท่ากับ 0.76 t/m^3 ในแนวลาดเอียงมุม 30 องศา ซึ่งมีความยาวของสายพานเท่ากับ 40 เมตร และมีหน้ากว้างสายพาน 650 mm. มุมเอียง และการป้อนวัสดุเป็นแบบสม่ำเสมอต่อเนื่องอย่างสมบูรณ์ตลอดเวลา

ก.4 วิธีการคำนวณ

1. กำหนดความต้องการในการขนถ่าย

- ขนถ่ายวัสดุขี้าวสาลี มีปริมาณมวลที่ต้องการ (Q) 250 ตันต่อชั่วโมง ขนถ่ายในแนวราบ และมีความยาวของสายพาน (L) เท่ากับ 40 เมตร

2. เลือกหน้ากว้างของสายพาน

- โจทย์กำหนด หน้ากว้างสายพานเท่ากับ 650 mm.

3. หาความเร็วเคลื่อนของสายพาน (v)

$$\text{จากสมการที่ (2.1)} \quad v = Q / Q_m \cdot k \cdot r$$

$$\text{แทนค่าในสมการจะได้} \quad v = 250 / (164 \times 0.56 \times 0.76)$$

$$v = 3.58 \text{ m/s}$$

4. การคำนวณค่าแรงดึงตามเส้นสัมผัสของลูกกลิ้งขับสายพาน (P)

$$\text{ซึ่งหาได้จากสมการ(2.3)} \quad P = C \cdot f \cdot L \cdot g [((G_g + 2G_b) \cos \alpha) + G_{ro} + G_{ru}] + g \cdot H \cdot G_g$$

ค่าที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

$$4.1 \text{ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานตามความยาวของสายพาน} \quad C = 2.4$$

ดูจากความยาวสายพานที่ 40 m. แล้วนำไปเทียบดูที่ (ตารางที่ 2-6)

$$4.2 \text{ สัมประสิทธิ์การติดตึงสายพานลำเลียงที่มีอัตราส่วนการเติมวัสดุ} \quad f = 0.020$$

ดูจากลักษณะงานการใช้งาน แล้วไปดูค่าใน (ตารางที่ 2-7)

$$4.3 \text{ ความยาวของสายพานลำเลียง} \quad L = 40 \text{ m. กำหนดจากพื้นที่ใช้งานจริง}$$

$$4.4 \text{ แรงโน้มถ่วงจำเพาะบนโลก} \quad 9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$4.5 \text{ น้ำหนักวัสดุขนถ่ายต่อเมตร} \quad G_g = Q / ((3.6) \cdot v)$$

$$= 250 / (3.6 \times 3.58)$$

$$= 19.39 \text{ kg/m}$$

$$4.6 \text{ น้ำหนักสายพานต่อเมตร (Gb)}$$

$$G_b = [(T_{\text{Upper}} + T_{\text{Lower}}) \cdot 1.14 \cdot B] \cdot [(W_{\text{Canvas}} \cdot B)]$$

$$= [(3+1.5) \times 1.14 \times 0.65] \times [8 \times 0.65]$$

$$= 17.34 \text{ kg/m.}$$

4.7 มุมเอียงสายพาน $d = 30$ (องศา) กำหนดจากพื้นที่ใช้งานจริง

4.8 น้ำหนักชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ด้านบน

$$Gro = (W_{\text{Roll, Upper}} / I_{\text{Roll, Upper}})$$

$$= 9.1 / 1$$

$$= 9.1 \text{ kg/m.}$$

4.9 น้ำหนักชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ด้านล่าง

$$Gru = (W_{\text{Roll, Lower}} / I_{\text{Roll, Lower}})$$

$$= 6.5 / 3$$

$$= 2.17 \text{ kg/m.}$$

4.10 ความสูงของสายพานลำเลียง

H = มุมเอียงสายพาน x ความยาวสายพาน

$$= (\sin 30) \times 40$$

$$= 20 \text{ m.}$$

แทนค่าในสมการ $P = C \cdot f \cdot L \cdot g [((Gg + 2Gb) \cos d) + Gro + Gru] + g \cdot H \cdot Gg$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad P &= 2.4 \times 0.020 \times 40 \times 9.81 \times [((19.39 + 34.68) \cos 30) + 9.1 + 2.17] \\ &\quad + (9.81 \times 20 \times 19.39) \\ &= 4,898.56 \text{ N.} \end{aligned}$$

ค่าแรงดึงตามเส้นสัมผัสของลูกกลิ้งขับเคลื่อนสายพานเท่ากับ 1315.23 N.

5. การคำนวณค่าแรงล้อยับไปสู่สายพาน (F1)

ซึ่งหาได้จากสมการ(2.5) $F1 = P[1 + 1/(e^{ux-1})]$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสมการ จะได้} \quad F1 &= 4,898.56 \times (1 + 0.83) \\ &= 8,964.36 \text{ N.} \end{aligned}$$

6. การคำนวณค่าจำนวนชั้นสายพาน (Z)

ซึ่งหาได้จากสมการ(2.6) $Z = (F1 \cdot Vz) / (B \cdot Kz)$

$$Z = (8,964.36 \times 1.2) / (650 \times 1.1 \times 10^5)$$

$$Z = 1.50$$

จำนวนชั้นสายพานน้อยที่สุดคือ 2 ชั้น

7. การคำนวณค่ากำลังขับตรงเพลามอเตอร์ (P_M)

ซึ่งหาได้จากสมการ(2.4) $P_M = (P \cdot v) / (1000 \cdot n)$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสมการ จะได้ } P_M &= (4,898.56 \times 3.58) / (1000 \times 0.85) \\ &= 20.63 \text{ kW.} \end{aligned}$$

กำลังขับตรงเพลามอเตอร์เท่ากับ 20.63 kW.

8. การคำนวณค่าขนาดมอเตอร์ที่ใช้ (HP_{Motor})

ซึ่งหาได้จากสมการ(2.7) $HP_{Motor} = (P_M) / (0.75)$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสมการ จะได้ } HP_{Motor} &= 20.63 / 0.75 \\ HP_{Motor} &= 27.50 \text{ แรงม้า} \end{aligned}$$

เครื่องลำเลียงเครื่องนี้ควรใช้มอเตอร์ขนาด 30 แรงม้า

ขนาดมอเตอร์ที่ใช้ 30 (HP) เทียบตารางความเร็วมอเตอร์ (RPM_{Motor}) จะได้ 1450 rpm

9.การคำนวณค่าความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ (ω_{Motor})

ซึ่งหาได้จากสมการ $\omega_{Motor} = RPM_{Motor} \cdot (2\pi/60)$

$$\omega_{Motor} = 1450 \cdot (2\pi/60)$$

$$\omega_{Motor} = 151.76 \text{ Rad/s}$$

10. การคำนวณค่าความเร็วเชิงมุมของลูกกลิ้ง (ω_{Roll})

ซึ่งหาได้จากความเร็วสายพานที่ได้จากสมการ(2.9)

$$\omega_{Roll} = 2v/D_{Roll}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสมการ จะได้ } \omega_{Roll} &= (2 \times 3.58) / (0.45) \\ &= 15.91 \text{ Rad/s} \end{aligned}$$

เปลี่ยนหน่วย Rad/s เป็น rpm (คูณด้วย $60/2\pi$) จะได้ 152 rpm

11. การคำนวณค่าความปลอดภัยของเกียร์ (FS_{Gear})

ซึ่งหาได้จากสมการ(2.11) $FS_{Gear} = P_{catalog} / P_M$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสมการ จะได้ } FS_{Gear} &= 29.83 / 20.63 \\ &= 1.45 \end{aligned}$$

12.หาขนาดเกียร์ที่เหมาะสมใช้งาน (D_{Gear})

ซึ่งดูใน (ตารางที่ 2-12) จากการนำค่าความเร็วสายพานที่ได้จากขนาดลูกกลิ้ง

จะได้ขนาดเกียร์ที่เหมาะสมใช้งานคือ ที่อัตรา 13:1 คือ G13/G20

13. ความเร็วด้านป้อนเข้าเกียร์บ็อก ($\omega_{GB,input}$)

ซึ่งหาได้จากสมการ $\omega_{GB,input} = \omega_{Roll} \times Rt_{13:1}$

แทนค่าในสมการ จะได้ $\omega_{GB,input} = 152 \times 13$
 $= 1976 \text{ rpm}$

14. การคำนวณค่าขนาดมูเลย์ของเกียร์บ็อก ($D_{pulley,GB,input}$)

ซึ่งหาได้จากสมการ(2.12) $D_{pulley,GB,input} = (\omega_{Motor} / \omega_{GB,input}) \times D_M$

แทนค่าในสมการจะได้ $D_{pulley,GB,input} = (1450 / 1976) \times 0.16$
 $= 0.117 \text{ m}$

ก.3 สรุปผล

ความเร็วแล่นของสายพาน	3.58 m/s
แรงดึงตามเส้นสัมผัสของลูกกลิ้งขับสายพาน	4,898.56N.
กำลังขับตรงเพลามอเตอร์	20.63 kW.
เครื่องลำเลียงเครื่องนี้ควรใช้มอเตอร์ขนาด	30 HP
จำนวนชั้นสายพานน้อยที่สุดเท่ากับ	2 ชั้น
ค่าความปลอดภัยของเกียร์	1.45
ขนาดเกียร์ที่เหมาะสมใช้งาน	G13 / G20
หาขนาดพลูเลย์ของเกียร์บ็อก	Ø 0.117 m

ภาคผนวก ข
ตารางคำนวณต้นทุนสายพานลำเลียง

ตารางคำนวณต้นทุนสายพานลำเลียง

ข.1 ข้อมูลต้นทุนรวมสายพานขนาดต่างๆ

ลำดับ ปีที่	มุม เอียง	ปริมาณ การ ขน ถ่าย	ความ ยาว สายพ พาน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุด ต่ำสุด ของ หน้า กว้าง	ส่วนของ ตัว รองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วน ของค่า ติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก)
1	0	50	10	423,359	400	157,080	49,855	139,127	7,340	65,007	4,950	423,359	284,232
2	0	100	10	472,544	500	183,370	51,755	140,527	9,180	82,412	5,300	472,544	332,017
3	0	150	10	513,749	500	183,370	51,755	140,527	9,180	123,617	5,300	513,749	373,222
4	0	200	10	554,955	500	183,370	51,755	140,527	9,180	164,823	5,300	554,955	414,428
5	0	250	10	596,161	500	183,370	51,755	140,527	9,180	206,029	5,300	596,161	455,634
6	0	300	10	637,367	500	183,370	51,755	140,527	9,180	247,235	5,300	637,367	496,840
7	0	350	10	680,566	500	183,370	53,749	140,527	9,180	288,440	5,300	680,566	540,039
8	0	400	10	721,772	500	183,370	53,749	140,527	9,180	329,646	5,300	721,772	581,245
9	0	450	10	773,978	500	183,370	64,749	140,527	9,180	370,852	5,300	773,978	633,451
10	0	500	10	815,184	500	183,370	64,749	140,527	9,180	412,058	5,300	815,184	674,657
11	0	50	20	566,706	400	216,190	49,855	184,627	14,680	92,454	8,900	566,706	382,079

ลำดับที่	มุมเฉียง	ปริมาณการขนถ่าย	ความยาวสายพาน	ต้นทุนรวมที่ต่ำสุด	จุดต่ำสุดของหน้ากว้าง	ส่วนของหัวรองรับ	ส่วนของชุดขับ	ส่วนของโครงสร้างเหล็ก	ส่วนของสายพาน	ส่วนของต้นทุนค่าพลังงาน	ส่วนของค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง(หักค่าส่วนของโครงสร้างเหล็ก)
12	0	100	20	637,230	500	251,880	51,755	188,277	18,360	117,208	9,750	637,230	448,953
13	0	150	20	695,833	500	251,880	51,755	188,277	18,360	175,811	9,750	695,833	507,556
14	0	200	20	754,437	500	251,880	51,755	188,277	18,360	234,415	9,750	754,437	566,160
15	0	250	20	815,035	500	251,880	53,749	188,277	18,360	293,019	9,750	815,035	626,758
16	0	300	20	873,639	500	251,880	53,749	188,277	18,360	351,623	9,750	873,639	685,362
17	0	350	20	943,242	500	251,880	64,749	188,277	18,360	410,226	9,750	943,242	754,965
18	0	400	20	1,001,846	500	251,880	64,749	188,277	18,360	468,830	9,750	1,001,846	813,569
19	0	450	20	1,062,969	500	251,880	67,268	188,277	18,360	527,434	9,750	1,062,969	874,692
20	0	500	20	1,121,573	500	251,880	67,268	188,277	18,360	586,038	9,750	1,121,573	933,296
21	0	50	30	705,201	400	277,670	49,855	230,127	22,020	112,679	12,850	705,201	475,074
22	0	100	30	795,729	500	323,360	51,755	236,027	27,540	142,847	14,200	795,729	559,702
23	0	150	30	867,152	500	323,360	51,755	236,027	27,540	214,270	14,200	867,152	631,125
24	0	200	30	940,569	500	323,360	53,749	236,027	27,540	285,693	14,200	940,569	704,542
25	0	250	30	1,011,993	500	323,360	53,749	236,027	27,540	357,117	14,200	1,011,993	775,966

ลำดับที่	มุม เฉียง	ปริมาณการ ขนถ่าย	ความยาว สายพาน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุดต่ำสุด ของหน้า กว้าง	ส่วนของ ตัวรองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก)
26	0	300	30	1,094,416	500	323,360	64,749	236,027	27,540	428,540	14,200	1,094,416	858,389
27	0	350	30	1,168,358	500	323,360	67,268	236,027	27,540	499,963	14,200	1,168,358	932,331
28	0	400	30	1,239,782	500	323,360	67,268	236,027	27,540	571,387	14,200	1,239,782	1,003,755
29	0	450	30	1,322,705	500	323,360	78,768	236,027	27,540	642,810	14,200	1,322,705	1,086,678
30	0	500	30	1,396,353	500	323,360	80,992	236,027	27,540	714,234	14,200	1,396,353	1,160,326
31	0	50	40	847,104	400	336,780	49,855	275,627	29,360	138,682	16,800	847,104	571,477
32	0	100	40	958,583	500	391,870	51,755	283,777	36,720	175,811	18,650	958,583	674,806
33	0	150	40	1,046,489	500	391,870	51,755	283,777	36,720	263,717	18,650	1,046,489	762,712
34	0	200	40	1,136,389	500	391,870	53,749	283,777	36,720	351,623	18,650	1,136,389	852,612
35	0	250	40	1,235,294	500	391,870	64,749	283,777	36,720	439,528	18,650	1,235,294	951,517
36	0	300	40	1,325,719	500	391,870	67,268	283,777	36,720	527,434	18,650	1,325,719	1,041,942
37	0	350	40	1,413,625	500	391,870	67,268	283,777	36,720	615,340	18,650	1,413,625	1,129,848
38	0	400	40	1,515,254	500	391,870	80,992	283,777	36,720	703,245	18,650	1,515,254	1,231,477
39	0	450	40	1,603,160	500	391,870	80,992	283,777	36,720	791,151	18,650	1,603,160	1,319,383

ลำดับที่	มุม เอียง	ปริมาณการ ขนถ่าย	ความยาว สายพาน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุดต่ำสุด ของหน้า กว้าง	ส่วนของ ตัวรองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก)
40	0	500	40	1,691,066	500	391,870	80,992	283,777	36,720	879,057	18,650	1,691,066	1,407,289
41	0	50	50	983,228	400	395,890	49,855	321,127	36,700	158,906	20,750	983,228	662,101
42	0	100	50	1,114,112	500	460,380	51,755	331,527	45,900	201,450	23,100	1,114,112	782,585
43	0	150	50	1,216,832	500	460,380	53,749	331,527	45,900	302,176	23,100	1,216,832	885,305
44	0	200	50	1,328,557	500	460,380	64,749	331,527	45,900	402,901	23,100	1,328,557	997,030
45	0	250	50	1,431,801	500	460,380	67,268	331,527	45,900	503,626	23,100	1,431,801	1,100,274
46	0	300	50	1,532,526	500	460,380	67,268	331,527	45,900	604,351	23,100	1,532,526	1,200,999
47	0	350	50	1,646,976	500	460,380	80,992	331,527	45,900	705,077	23,100	1,646,976	1,315,449
48	0	400	50	1,747,701	500	460,380	80,992	331,527	45,900	805,802	23,100	1,747,701	1,416,174
49	0	450	50	1,857,636	500	460,380	90,202	331,527	45,900	906,527	23,100	1,857,636	1,526,109
50	0	500	50	1,972,661	500	460,380	104,502	331,527	45,900	1,007,252	23,100	1,972,661	1,641,134
51	0	50	60	1,115,944	400	457,370	49,855	366,627	44,040	173,352	24,700	1,115,944	749,317
52	0	100	60	1,276,286	500	531,860	62,755	379,277	55,080	219,764	27,550	1,276,286	897,009
53	0	150	60	1,388,162	500	531,860	64,749	379,277	55,080	329,646	27,550	1,388,162	1,008,885

ลำดับที่	มุมเฉียง	ปริมาณการขนถ่าย	ความยาวสายพาน	ต้นทุนรวมที่ต่ำสุด	จุดต่ำสุดของหน้ากว้าง	ส่วนของตัวรองรับ	ส่วนของชุดขับ	ส่วนของโครงสร้างเหล็ก	ส่วนของสายพาน	ส่วนของต้นทุนค่าพลังงาน	ส่วนของค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง(หักค่าส่วนของโครงสร้างเหล็ก)
54	0	200	60	1,498,044	500	531,860	64,749	379,277	55,080	439,528	27,550	1,498,044	1,118,767
55	0	250	60	1,610,445	500	531,860	67,268	379,277	55,080	549,410	27,550	1,610,445	1,231,168
56	0	300	60	1,731,827	500	531,860	78,768	379,277	55,080	659,292	27,550	1,731,827	1,352,550
57	0	350	60	1,843,934	500	531,860	80,992	379,277	55,080	769,175	27,550	1,843,934	1,464,657
58	0	400	60	1,953,816	500	531,860	80,992	379,277	55,080	879,057	27,550	1,953,816	1,574,539
59	0	450	60	2,087,208	500	531,860	104,502	379,277	55,080	988,939	27,550	2,087,208	1,707,931
60	0	500	60	2,197,090	500	531,860	104,502	379,277	55,080	1,098,821	27,550	2,197,090	1,817,813
61	0	50	70	1,245,568	400	516,480	49,855	412,127	51,380	187,076	28,650	1,245,568	833,441
62	0	100	70	1,423,574	500	600,370	62,755	427,027	64,260	237,162	32,000	1,423,574	996,547
63	0	150	70	1,544,149	500	600,370	64,749	427,027	64,260	355,743	32,000	1,544,149	1,117,122
64	0	200	70	1,662,730	500	600,370	64,749	427,027	64,260	474,324	32,000	1,662,730	1,235,703
65	0	250	70	1,783,830	500	600,370	67,268	427,027	64,260	592,905	32,000	1,783,830	1,356,803
66	0	300	70	1,916,135	500	600,370	80,992	427,027	64,260	711,486	32,000	1,916,135	1,489,108
67	0	350	70	2,034,717	500	600,370	80,992	427,027	64,260	830,068	32,000	2,034,717	1,607,690

ลำดับที่	มุมเฉียง	ปริมาณการขนถ่าย	ความยาวสายพาน	ต้นทุนรวมที่ต่ำสุด	จุดต่ำสุดของหน้ากว้าง	ส่วนของตัวรองรับ	ส่วนของชุดขับ	ส่วนของโครงสร้างเหล็ก	ส่วนของสายพาน	ส่วนของต้นทุนค่าพลังงาน	ส่วนของค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง(หักค่าส่วนของโครงสร้างเหล็ก)
68	0	400	70	2,162,508	500	600,370	90,202	427,027	64,260	948,649	32,000	2,162,508	1,735,481
69	0	450	70	2,295,389	500	600,370	104,502	427,027	64,260	1,067,230	32,000	2,295,389	1,868,362
70	0	500	70	2,413,970	500	600,370	104,502	427,027	64,260	1,185,811	32,000	2,413,970	1,986,943
71	0	50	80	1,388,193	400	575,590	49,855	457,627	58,720	213,801	32,600	1,388,193	930,566
72	0	100	80	1,589,338	500	668,880	64,749	474,777	73,440	271,042	36,450	1,589,338	1,114,561
73	0	150	80	1,724,860	500	668,880	64,749	474,777	73,440	406,564	36,450	1,724,860	1,250,083
74	0	200	80	1,862,900	500	668,880	67,268	474,777	73,440	542,085	36,450	1,862,900	1,388,123
75	0	250	80	2,012,145	500	668,880	80,992	474,777	73,440	677,606	36,450	2,012,145	1,537,368
76	0	300	80	2,147,666	500	668,880	80,992	474,777	73,440	813,127	36,450	2,147,666	1,672,889
77	0	350	80	2,292,398	500	668,880	90,202	474,777	73,440	948,649	36,450	2,292,398	1,817,621
78	0	400	80	2,442,219	500	668,880	104,502	474,777	73,440	1,084,170	36,450	2,442,219	1,967,442
79	0	450	80	2,577,740	500	668,880	104,502	474,777	73,440	1,219,691	36,450	2,577,740	2,102,963
80	0	500	80	2,718,374	500	668,880	109,615	474,777	73,440	1,355,212	36,450	2,718,374	2,243,597
81	0	50	90	1,513,686	400	637,070	49,855	503,127	66,060	221,024	36,550	1,513,686	1,010,559

ลำดับที่	มุมเอียง	ปริมาณการขนถ่าย	ความยาวสายพาน	ต้นทุนรวมที่ต่ำสุด	จุดต่ำสุดของหน้ากว้าง	ส่วนของตัวรองรับ	ส่วนของชุดขับ	ส่วนของโครงสร้างเหล็ก	ส่วนของสายพาน	ส่วนของต้นทุนค่าพลังงาน	ส่วนของค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง(หักค่าส่วนของโครงสร้างเหล็ก)
82	0	100	90	1,731,355	500	740,360	64,749	522,527	82,620	280,199	40,900	1,731,355	1,208,828
83	0	150	90	1,871,455	500	740,360	64,749	522,527	82,620	420,299	40,900	1,871,455	1,348,928
84	0	200	90	2,014,074	500	740,360	67,268	522,527	82,620	560,399	40,900	2,014,074	1,491,547
85	0	250	90	2,167,897	500	740,360	80,992	522,527	82,620	700,498	40,900	2,167,897	1,645,370
86	0	300	90	2,307,997	500	740,360	80,992	522,527	82,620	840,598	40,900	2,307,997	1,785,470
87	0	350	90	2,471,607	500	740,360	104,502	522,527	82,620	980,698	40,900	2,471,607	1,949,080
88	0	400	90	2,611,706	500	740,360	104,502	522,527	82,620	1,120,797	40,900	2,611,706	2,089,179
89	0	450	90	2,751,806	500	740,360	104,502	522,527	82,620	1,260,897	40,900	2,751,806	2,229,279
90	0	500	90	2,897,019	500	740,360	109,615	522,527	82,620	1,400,997	40,900	2,897,019	2,374,492
91	0	50	100	1,654,144	400	696,180	49,855	548,627	73,400	245,582	40,500	1,654,144	1,105,517
92	0	100	100	1,892,379	500	808,870	64,749	570,277	91,800	311,333	45,350	1,892,379	1,322,102
93	0	150	100	2,048,045	500	808,870	64,749	570,277	91,800	466,999	45,350	2,048,045	1,477,768
94	0	200	100	2,217,730	500	808,870	78,768	570,277	91,800	622,665	45,350	2,217,730	1,647,453
95	0	250	100	2,375,620	500	808,870	80,992	570,277	91,800	778,331	45,350	2,375,620	1,805,343

ลำดับที่	มุมเฉียง	ปริมาณการขนถ่าย	ความยาวสายพาน	ต้นทุนรวมที่ต่ำสุด	จุดต่ำสุดของหน้ากว้าง	ส่วนของตัวรองรับ	ส่วนของชุดขับ	ส่วนของโครงสร้างเหล็ก	ส่วนของสายพาน	ส่วนของต้นทุนค่าพลังงาน	ส่วนของค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง(หักค่าส่วนของโครงสร้างเหล็ก)
96	0	300	100	2,540,497	500	808,870	90,202	570,277	91,800	933,998	45,350	2,540,497	1,970,220
97	0	350	100	2,710,463	500	808,870	104,502	570,277	91,800	1,089,664	45,350	2,710,463	2,140,186
98	0	400	100	2,866,129	500	808,870	104,502	570,277	91,800	1,245,330	45,350	2,866,129	2,295,852
99	0	450	100	3,026,909	500	808,870	109,615	570,277	91,800	1,400,997	45,350	3,026,909	2,456,632
100	0	500	100	3,195,875	500	808,870	122,915	570,277	91,800	1,556,663	45,350	3,195,875	2,625,598
101	10	50	10	458,222	400	157,080	49,855	139,127	7,340	99,870	4,950	458,222	319,095
102	10	100	10	540,244	500	183,370	51,755	140,527	9,180	150,112	5,300	540,244	399,717
103	10	150	10	615,300	500	183,370	51,755	140,527	9,180	225,168	5,300	615,300	474,773
104	10	200	10	692,351	500	183,370	53,749	140,527	9,180	300,225	5,300	692,351	551,824
105	10	250	10	778,407	500	183,370	64,749	140,527	9,180	375,281	5,300	778,407	637,880
106	10	300	10	853,463	500	183,370	64,749	140,527	9,180	450,337	5,300	853,463	712,936
107	10	350	10	931,038	500	183,370	67,268	140,527	9,180	525,393	5,300	931,038	790,511
108	10	400	10	1,006,094	500	183,370	67,268	140,527	9,180	600,449	5,300	1,006,094	865,567
109	10	450	10	1,094,874	500	183,370	80,992	140,527	9,180	675,505	5,300	1,094,874	954,347

ลำดับที่	มุม เฉียง	ปริมาณการ ขนถ่าย	ความยาว สายพาน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุดต่ำสุด ของหน้า กว้าง	ส่วนของ ตัวรองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
110	10	500	10	1,169,930	500	183,370	80,992	140,527	9,180	750,561	5,300	1,169,930	1,029,403
111	10	50	20	635,436	400	216,190	49,855	184,627	14,680	161,184	8,900	635,436	450,809
112	10	100	20	782,810	500	251,880	62,755	188,277	18,360	251,788	9,750	782,810	594,533
113	10	150	20	910,698	500	251,880	64,749	188,277	18,360	377,682	9,750	910,698	722,421
114	10	200	20	1,039,112	500	251,880	67,268	188,277	18,360	503,577	9,750	1,039,112	850,835
115	10	250	20	1,176,506	500	251,880	78,768	188,277	18,360	629,471	9,750	1,176,506	988,229
116	10	300	20	1,304,624	500	251,880	80,992	188,277	18,360	755,365	9,750	1,304,624	1,116,347
117	10	350	20	1,430,518	500	251,880	80,992	188,277	18,360	881,259	9,750	1,430,518	1,242,241
118	10	400	20	1,579,922	500	251,880	104,502	188,277	18,360	1,007,153	9,750	1,579,922	1,391,645
119	10	450	20	1,705,816	500	251,880	104,502	188,277	18,360	1,133,047	9,750	1,705,816	1,517,539
120	10	500	20	1,831,711	500	251,880	104,502	188,277	18,360	1,258,942	9,750	1,831,711	1,643,434
121	10	50	30	807,607	400	277,670	49,855	230,127	22,020	215,085	12,850	807,607	577,480
122	10	100	30	1,010,026	500	323,360	64,749	236,027	27,540	344,150	14,200	1,010,026	773,999
123	10	150	30	1,196,120	500	323,360	78,768	236,027	27,540	516,225	14,200	1,196,120	960,093

ลำดับที่	มุม เอียง	ปริมาณการ ขนถ่าย	ความยาว สายพาน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุดต่ำสุด ของหน้า กว้าง	ส่วนของ ตัวรองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
124	10	200	30	1,370,418	500	323,360	80,992	236,027	27,540	688,299	14,200	1,370,418	1,134,391
125	10	250	30	1,542,493	500	323,360	80,992	236,027	27,540	860,374	14,200	1,542,493	1,306,466
126	10	300	30	1,738,078	500	323,360	104,502	236,027	27,540	1,032,449	14,200	1,738,078	1,502,051
127	10	350	30	1,910,153	500	323,360	104,502	236,027	27,540	1,204,524	14,200	1,910,153	1,674,126
128	10	400	30	2,087,341	500	323,360	109,615	236,027	27,540	1,376,599	14,200	2,087,341	1,851,314
129	10	450	30	2,272,716	500	323,360	122,915	236,027	27,540	1,548,674	14,200	2,272,716	2,036,689
130	10	500	30	2,444,790	500	323,360	122,915	236,027	27,540	1,720,748	14,200	2,444,790	2,208,763
131	10	50	40	985,333	400	336,780	51,849	275,627	29,360	274,917	16,800	985,333	709,706
132	10	100	40	1,251,229	500	391,870	76,249	283,777	36,720	443,963	18,650	1,251,229	967,452
133	10	150	40	1,475,729	500	391,870	78,768	283,777	36,720	665,944	18,650	1,475,729	1,191,952
134	10	200	40	1,699,935	500	391,870	80,992	283,777	36,720	887,926	18,650	1,699,935	1,416,158
135	10	250	40	1,945,426	500	391,870	104,502	283,777	36,720	1,109,907	18,650	1,945,426	1,661,649
136	10	300	40	2,167,407	500	391,870	104,502	283,777	36,720	1,331,888	18,650	2,167,407	1,883,630
137	10	350	40	2,407,802	500	391,870	122,915	283,777	36,720	1,553,870	18,650	2,407,802	2,124,025

ลำดับที่	มุม เฉียง	ปริมาณการ ขนถ่าย	ความยาว สายพาน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุดต่ำสุด ของหน้า กว้าง	ส่วนของ ตัวรองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
138	10	400	40	2,629,783	500	391,870	122,915	283,777	36,720	1,775,851	18,650	2,629,783	2,346,006
139	10	450	40	2,857,988	500	391,870	129,139	283,777	36,720	1,997,832	18,650	2,857,988	2,574,211
140	10	500	40	3,111,570	500	391,870	160,739	283,777	36,720	2,219,814	18,650	3,111,570	2,827,793
141	10	50	50	1,166,133	400	395,890	62,849	321,127	36,700	328,817	20,750	1,166,133	845,006
142	10	100	50	1,475,999	500	460,380	78,768	331,527	45,900	536,324	23,100	1,475,999	1,144,472
143	10	150	50	1,746,385	500	460,380	80,992	331,527	45,900	804,486	23,100	1,746,385	1,414,858
144	10	200	50	2,038,057	500	460,380	104,502	331,527	45,900	1,072,648	23,100	2,038,057	1,706,530
145	10	250	50	2,311,332	500	460,380	109,615	331,527	45,900	1,340,810	23,100	2,311,332	1,979,805
146	10	300	50	2,592,794	500	460,380	122,915	331,527	45,900	1,608,972	23,100	2,592,794	2,261,267
147	10	350	50	2,867,180	500	460,380	129,139	331,527	45,900	1,877,134	23,100	2,867,180	2,535,653
148	10	400	50	3,135,343	500	460,380	129,139	331,527	45,900	2,145,297	23,100	3,135,343	2,803,816
149	10	450	50	3,440,330	500	460,380	165,964	331,527	45,900	2,413,459	23,100	3,440,330	3,108,803
150	10	500	50	3,729,627	500	460,380	187,099	331,527	45,900	2,681,621	23,100	3,729,627	3,398,100
151	10	50	60	1,332,372	400	457,370	62,849	366,627	44,040	376,786	24,700	1,332,372	965,745

ลำดับที่	มุม เอียง	ปริมาณการ ขนถ่าย	ความยาว สายพาน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุดต่ำสุด ของหน้า กว้าง	ส่วนของ ตัวรองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
152	10	100	60	1,708,069	500	531,860	93,068	379,277	55,080	621,234	27,550	1,708,069	1,328,792
153	10	150	60	2,030,120	500	531,860	104,502	379,277	55,080	931,851	27,550	2,030,120	1,650,843
154	10	200	60	2,340,737	500	531,860	104,502	379,277	55,080	1,242,468	27,550	2,340,737	1,961,460
155	10	250	60	2,669,766	500	531,860	122,915	379,277	55,080	1,553,084	27,550	2,669,766	2,290,489
156	10	300	60	2,986,607	500	531,860	129,139	379,277	55,080	1,863,701	27,550	2,986,607	2,607,330
157	10	350	60	3,297,224	500	531,860	129,139	379,277	55,080	2,174,318	27,550	3,297,224	2,917,947
158	10	400	60	3,644,666	500	531,860	165,964	379,277	55,080	2,484,935	27,550	3,644,666	3,265,389
159	10	450	60	3,976,418	500	531,860	187,099	379,277	55,080	2,795,552	27,550	3,976,418	3,597,141
160	10	500	60	4,287,035	500	531,860	187,099	379,277	55,080	3,106,169	27,550	4,287,035	3,907,758
161	10	50	70	1,495,500	400	516,480	62,849	412,127	51,380	424,014	28,650	1,495,500	1,083,373
162	10	100	70	1,924,161	500	600,370	95,292	427,027	64,260	705,212	32,000	1,924,161	1,497,134
163	10	150	70	2,285,977	500	600,370	104,502	427,027	64,260	1,057,818	32,000	2,285,977	1,858,950
164	10	200	70	2,643,696	500	600,370	109,615	427,027	64,260	1,410,424	32,000	2,643,696	2,216,669
165	10	250	70	3,009,602	500	600,370	122,915	427,027	64,260	1,763,030	32,000	3,009,602	2,582,575

ลำดับที่	มุม เอียง	ปริมาตร การ ขน ถ่าย	ความ ยาว สายพ าน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุด ต่ำสุด ของ หน้า กว้าง	ส่วนของ ตัว รองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
166	10	300	70	3,368,432	500	600,370	129,139	427,027	64,260	2,115,636	32,000	3,368,432	2,941,405
167	10	350	70	3,757,863	500	600,370	165,964	427,027	64,260	2,468,242	32,000	3,757,863	3,330,836
168	10	400	70	4,131,604	500	600,370	187,099	427,027	64,260	2,820,848	32,000	4,131,604	3,704,577
169	10	450	70	4,484,210	500	600,370	187,099	427,027	64,260	3,173,454	32,000	4,484,210	4,057,183
170	10	500	70	4,836,816	500	600,370	187,099	427,027	64,260	3,526,060	32,000	4,836,816	4,409,789
171	10	50	80	1,683,473	400	575,590	74,349	457,627	58,720	484,587	32,600	1,683,473	1,225,846
172	10	100	80	2,154,795	500	668,880	95,292	474,777	73,440	805,956	36,450	2,154,795	1,680,018
173	10	150	80	2,566,984	500	668,880	104,502	474,777	73,440	1,208,935	36,450	2,566,984	2,092,207
174	10	200	80	2,988,375	500	668,880	122,915	474,777	73,440	1,611,913	36,450	2,988,375	2,513,598
175	10	250	80	3,397,577	500	668,880	129,139	474,777	73,440	2,014,891	36,450	3,397,577	2,922,800
176	10	300	80	3,837,380	500	668,880	165,964	474,777	73,440	2,417,869	36,450	3,837,380	3,362,603
177	10	350	80	4,261,494	500	668,880	187,099	474,777	73,440	2,820,848	36,450	4,261,494	3,786,717
178	10	400	80	4,664,472	500	668,880	187,099	474,777	73,440	3,223,826	36,450	4,664,472	4,189,695
179	10	450	80	5,105,250	500	668,880	224,899	474,777	73,440	3,626,804	36,450	5,105,250	4,630,473

ลำดับที่	มุมเอียง	ปริมาณการขนถ่าย	ความยาวสายพาน	ต้นทุนรวมที่ต่ำสุด	จุดต่ำสุดของหน้ากว้าง	ส่วนของตัวรองรับ	ส่วนของชุดขับ	ส่วนของโครงสร้างเหล็ก	ส่วนของสายพาน	ส่วนของต้นทุนค่าพลังงาน	ส่วนของค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง(หักค่าส่วนของโครงสร้างเหล็ก)
180	10	500	80	5,508,228	500	668,880	224,899	474,777	73,440	4,029,782	36,450	5,508,228	5,033,451
181	10	50	90	1,844,816	400	637,070	76,868	503,127	66,060	525,141	36,550	1,844,816	1,341,689
182	10	100	90	2,363,250	500	740,360	95,292	522,527	82,620	881,551	40,900	2,363,250	1,840,723
183	10	150	90	2,826,536	500	740,360	117,802	522,527	82,620	1,322,327	40,900	2,826,536	2,304,009
184	10	200	90	3,272,425	500	740,360	122,915	522,527	82,620	1,763,103	40,900	3,272,425	2,749,898
185	10	250	90	3,751,025	500	740,360	160,739	522,527	82,620	2,203,879	40,900	3,751,025	3,228,498
186	10	300	90	4,197,025	500	740,360	165,964	522,527	82,620	2,644,654	40,900	4,197,025	3,674,498
187	10	350	90	4,658,936	500	740,360	187,099	522,527	82,620	3,085,430	40,900	4,658,936	4,136,409
188	10	400	90	5,099,712	500	740,360	187,099	522,527	82,620	3,526,206	40,900	5,099,712	4,577,185
189	10	450	90	5,578,288	500	740,360	224,899	522,527	82,620	3,966,982	40,900	5,578,288	5,055,761
190	10	500	90	6,019,063	500	740,360	224,899	522,527	82,620	4,407,757	40,900	6,019,063	5,496,536
191	10	50	100	2,019,065	400	696,180	76,868	548,627	73,400	583,490	40,500	2,019,065	1,470,438
192	10	100	100	2,613,601	500	808,870	117,802	570,277	91,800	979,502	45,350	2,613,601	2,043,324
193	10	150	100	3,108,464	500	808,870	122,915	570,277	91,800	1,469,252	45,350	3,108,464	2,538,187

ลำดับที่	มุม เฉียง	ปริมาตร การ ขน ถ่าย	ความ ยาว สายพ าน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุด ต่ำสุด ของ หน้า กว้าง	ส่วนของ ตัว รองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
194	10	200	100	3,604,439	500	808,870	129,139	570,277	91,800	1,959,003	45,350	3,604,439	3,034,162
195	10	250	100	4,131,015	500	808,870	165,964	570,277	91,800	2,448,754	45,350	4,131,015	3,560,738
196	10	300	100	4,641,901	500	808,870	187,099	570,277	91,800	2,938,505	45,350	4,641,901	4,071,624
197	10	350	100	5,131,652	500	808,870	187,099	570,277	91,800	3,428,256	45,350	5,131,652	4,561,375
198	10	400	100	5,659,202	500	808,870	224,899	570,277	91,800	3,918,006	45,350	5,659,202	5,088,925
199	10	450	100	6,148,953	500	808,870	224,899	570,277	91,800	4,407,757	45,350	6,148,953	5,578,676
200	10	500	100	6,638,704	500	808,870	224,899	570,277	91,800	4,897,508	45,350	6,638,704	6,068,427
201	20	50	10	496,331	400	157,080	49,855	139,127	7,340	137,979	4,950	496,331	357,204
202	20	100	10	609,560	500	183,370	51,755	140,527	9,180	219,428	5,300	609,560	469,033
203	20	150	10	721,268	500	183,370	53,749	140,527	9,180	329,142	5,300	721,268	580,741
204	20	200	10	841,982	500	183,370	64,749	140,527	9,180	438,856	5,300	841,982	701,455
205	20	250	10	954,216	500	183,370	67,268	140,527	9,180	548,571	5,300	954,216	813,689
206	20	300	10	1,075,430	500	183,370	78,768	140,527	9,180	658,285	5,300	1,075,430	934,903
207	20	350	10	1,187,368	500	183,370	80,992	140,527	9,180	767,999	5,300	1,187,368	1,046,841

ลำดับที่	มุม เฉียง	ปริมาณการ ขนถ่าย	ความยาว สายพาน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุดต่ำสุด ของหน้า กว้าง	ส่วนของ ตัวรองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
208	20	400	10	1,297,082	500	183,370	80,992	140,527	9,180	877,713	5,300	1,297,082	1,156,555
209	20	450	10	1,430,306	500	183,370	104,502	140,527	9,180	987,427	5,300	1,430,306	1,289,779
210	20	500	10	1,540,020	500	183,370	104,502	140,527	9,180	1,097,141	5,300	1,540,020	1,399,493
211	20	50	20	708,203	400	216,190	49,855	184,627	14,680	233,951	8,900	708,203	523,576
212	20	100	20	920,520	500	251,880	64,749	188,277	18,360	387,504	9,750	920,520	732,243
213	20	150	20	1,116,791	500	251,880	67,268	188,277	18,360	581,256	9,750	1,116,791	928,514
214	20	200	20	1,324,267	500	251,880	80,992	188,277	18,360	775,008	9,750	1,324,267	1,135,990
215	20	250	20	1,541,529	500	251,880	104,502	188,277	18,360	968,760	9,750	1,541,529	1,353,252
216	20	300	20	1,735,281	500	251,880	104,502	188,277	18,360	1,162,512	9,750	1,735,281	1,547,004
217	20	350	20	1,934,145	500	251,880	109,615	188,277	18,360	1,356,263	9,750	1,934,145	1,745,868
218	20	400	20	2,141,197	500	251,880	122,915	188,277	18,360	1,550,015	9,750	2,141,197	1,952,920
219	20	450	20	2,334,949	500	251,880	122,915	188,277	18,360	1,743,767	9,750	2,334,949	2,146,672
220	20	500	20	2,534,925	500	251,880	129,139	188,277	18,360	1,937,519	9,750	2,534,925	2,346,648
221	20	50	30	916,360	400	277,670	51,849	230,127	22,020	321,844	12,850	916,360	686,233

ลำดับที่	มุมเฉียง	ปริมาณการขนถ่าย	ความยาวสายพาน	ต้นทุนรวมที่ต่ำสุด	จุดต่ำสุดของหน้ากว้าง	ส่วนของตัวรองรับ	ส่วนของชุดขับ	ส่วนของโครงสร้างเหล็ก	ส่วนของสายพาน	ส่วนของต้นทุนค่าพลังงาน	ส่วนของค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง(หักค่าส่วนของโครงสร้างเหล็ก)
222	20	100	30	1,225,599	500	323,360	78,768	236,027	27,540	545,704	14,200	1,225,599	989,572
223	20	150	30	1,500,675	500	323,360	80,992	236,027	27,540	818,556	14,200	1,500,675	1,264,648
224	20	200	30	1,797,037	500	323,360	104,502	236,027	27,540	1,091,408	14,200	1,797,037	1,561,010
225	20	250	30	2,075,002	500	323,360	109,615	236,027	27,540	1,364,260	14,200	2,075,002	1,838,975
226	20	300	30	2,361,154	500	323,360	122,915	236,027	27,540	1,637,112	14,200	2,361,154	2,125,127
227	20	350	30	2,640,230	500	323,360	129,139	236,027	27,540	1,909,964	14,200	2,640,230	2,404,203
228	20	400	30	2,944,682	500	323,360	160,739	236,027	27,540	2,182,816	14,200	2,944,682	2,708,655
229	20	450	30	3,222,759	500	323,360	165,964	236,027	27,540	2,455,668	14,200	3,222,759	2,986,732
230	20	500	30	3,516,746	500	323,360	187,099	236,027	27,540	2,728,520	14,200	3,516,746	3,280,719
231	20	50	40	1,137,616	400	336,780	62,849	275,627	29,360	416,200	16,800	1,137,616	861,989
232	20	100	40	1,538,114	500	391,870	95,292	283,777	36,720	711,805	18,650	1,538,114	1,254,337
233	20	150	40	1,903,226	500	391,870	104,502	283,777	36,720	1,067,707	18,650	1,903,226	1,619,449
234	20	200	40	2,264,241	500	391,870	109,615	283,777	36,720	1,423,609	18,650	2,264,241	1,980,464
235	20	250	40	2,633,443	500	391,870	122,915	283,777	36,720	1,779,511	18,650	2,633,443	2,349,666

ลำดับที่	มุม เอียง	ปริมาณการ ขนถ่าย	ความยาว สายพาน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุดต่ำสุด ของหน้า กว้าง	ส่วนของ ตัวรองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
236	20	300	40	2,995,570	500	391,870	129,139	283,777	36,720	2,135,414	18,650	2,995,570	2,711,793
237	20	350	40	3,388,297	500	391,870	165,964	283,777	36,720	2,491,316	18,650	3,388,297	3,104,520
238	20	400	40	3,765,334	500	391,870	187,099	283,777	36,720	2,847,218	18,650	3,765,334	3,481,557
239	20	450	40	4,121,236	500	391,870	187,099	283,777	36,720	3,203,120	18,650	4,121,236	3,837,459
240	20	500	40	4,514,939	500	391,870	224,899	283,777	36,720	3,559,023	18,650	4,514,939	4,231,162
241	20	50	50	1,343,929	400	395,890	65,368	321,127	36,700	504,094	20,750	1,343,929	1,022,802
242	20	100	50	1,826,204	500	460,380	95,292	331,527	45,900	870,005	23,100	1,826,204	1,494,677
243	20	150	50	2,270,416	500	460,380	104,502	331,527	45,900	1,305,007	23,100	2,270,416	1,938,889
244	20	200	50	2,723,831	500	460,380	122,915	331,527	45,900	1,740,009	23,100	2,723,831	2,392,304
245	20	250	50	3,165,058	500	460,380	129,139	331,527	45,900	2,175,012	23,100	3,165,058	2,833,531
246	20	300	50	3,636,885	500	460,380	165,964	331,527	45,900	2,610,014	23,100	3,636,885	3,305,358
247	20	350	50	4,093,022	500	460,380	187,099	331,527	45,900	3,045,016	23,100	4,093,022	3,761,495
248	20	400	50	4,528,025	500	460,380	187,099	331,527	45,900	3,480,019	23,100	4,528,025	4,196,498
249	20	450	50	5,000,827	500	460,380	224,899	331,527	45,900	3,915,021	23,100	5,000,827	4,669,300

ลำดับที่	มุมเฉียง	ปริมาณการขนถ่าย	ความยาวสายพาน	ต้นทุนรวมที่ต่ำสุด	จุดต่ำสุดของหน้ากว้าง	ส่วนของตัวรองรับ	ส่วนของชุดขับ	ส่วนของโครงสร้างเหล็ก	ส่วนของสายพาน	ส่วนของต้นทุนค่าพลังงาน	ส่วนของค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง(หักค่าส่วนของโครงสร้างเหล็ก)
250	20	500	50	5,435,829	500	460,380	224,899	331,527	45,900	4,350,023	23,100	5,435,829	5,104,302
251	20	50	60	1,555,130	400	457,370	76,868	366,627	44,040	585,525	24,700	1,555,130	1,188,503
252	20	100	60	2,118,573	500	531,860	104,502	379,277	55,080	1,020,304	27,550	2,118,573	1,739,296
253	20	150	60	2,647,139	500	531,860	122,915	379,277	55,080	1,530,457	27,550	2,647,139	2,267,862
254	20	200	60	3,163,515	500	531,860	129,139	379,277	55,080	2,040,609	27,550	3,163,515	2,784,238
255	20	250	60	3,710,492	500	531,860	165,964	379,277	55,080	2,550,761	27,550	3,710,492	3,331,215
256	20	300	60	4,241,779	500	531,860	187,099	379,277	55,080	3,060,913	27,550	4,241,779	3,862,502
257	20	350	60	4,789,731	500	531,860	224,899	379,277	55,080	3,571,065	27,550	4,789,731	4,410,454
258	20	400	60	5,299,884	500	531,860	224,899	379,277	55,080	4,081,218	27,550	5,299,884	4,920,607
259	20	450	60	5,810,036	500	531,860	224,899	379,277	55,080	4,591,370	27,550	5,810,036	5,430,759
260	20	500	60	6,320,188	500	531,860	224,899	379,277	55,080	5,101,522	27,550	6,320,188	5,940,911
261	20	50	70	1,751,653	400	516,480	76,868	412,127	51,380	666,148	28,650	1,751,653	1,339,526
262	20	100	70	2,411,076	500	600,370	117,802	427,027	64,260	1,169,617	32,000	2,411,076	1,984,049
263	20	150	70	3,000,997	500	600,370	122,915	427,027	64,260	1,754,425	32,000	3,000,997	2,573,970

ลำดับที่	มุม เฉียง	ปริมาณการ ขนถ่าย	ความยาว สายพาน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุดต่ำสุด ของหน้า กว้าง	ส่วนของ ตัวรองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
264	20	200	70	3,628,854	500	600,370	165,964	427,027	64,260	2,339,233	32,000	3,628,854	3,201,827
265	20	250	70	4,234,797	500	600,370	187,099	427,027	64,260	2,924,041	32,000	4,234,797	3,807,770
266	20	300	70	4,819,606	500	600,370	187,099	427,027	64,260	3,508,850	32,000	4,819,606	4,392,579
267	20	350	70	5,442,214	500	600,370	224,899	427,027	64,260	4,093,658	32,000	5,442,214	5,015,187
268	20	400	70	6,027,022	500	600,370	224,899	427,027	64,260	4,678,466	32,000	6,027,022	5,599,995
269	20	450	70	6,611,831	500	600,370	224,899	427,027	64,260	5,263,275	32,000	6,611,831	6,184,804
270	20	500	70	7,255,639	500	600,370	283,899	427,027	64,260	5,848,083	32,000	7,255,639	6,828,612
271	20	50	80	1,964,941	400	575,590	79,092	457,627	58,720	761,312	32,600	1,964,941	1,507,314
272	20	100	80	2,708,054	500	668,880	117,802	474,777	73,440	1,336,705	36,450	2,708,054	2,233,277
273	20	150	80	3,387,743	500	668,880	129,139	474,777	73,440	2,005,057	36,450	3,387,743	2,912,966
274	20	200	80	4,092,920	500	668,880	165,964	474,777	73,440	2,673,409	36,450	4,092,920	3,618,143
275	20	250	80	4,782,408	500	668,880	187,099	474,777	73,440	3,341,762	36,450	4,782,408	4,307,631
276	20	300	80	5,488,560	500	668,880	224,899	474,777	73,440	4,010,114	36,450	5,488,560	5,013,783
277	20	350	80	6,156,912	500	668,880	224,899	474,777	73,440	4,678,466	36,450	6,156,912	5,682,135

ลำดับที่	มุม เฉียง	ปริมาตร การ ขน ถ่าย	ความ ยาว สายพ าน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุด ต่ำสุด ของ หน้า กว้าง	ส่วนของ ตัว รองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
278	20	400	80	6,825,265	500	668,880	224,899	474,777	73,440	5,346,819	36,450	6,825,265	6,350,488
279	20	450	80	7,552,617	500	668,880	283,899	474,777	73,440	6,015,171	36,450	7,552,617	7,077,840
280	20	500	80	8,220,969	500	668,880	283,899	474,777	73,440	6,683,523	36,450	8,220,969	7,746,192
281	20	50	90	2,156,563	400	637,070	79,092	503,127	66,060	834,664	36,550	2,156,563	1,653,436
282	20	100	90	2,986,451	500	740,360	122,915	522,527	82,620	1,477,129	40,900	2,986,451	2,463,924
283	20	150	90	3,762,839	500	740,360	160,739	522,527	82,620	2,215,693	40,900	3,762,839	3,240,312
284	20	200	90	4,527,764	500	740,360	187,099	522,527	82,620	2,954,258	40,900	4,527,764	4,005,237
285	20	250	90	5,304,128	500	740,360	224,899	522,527	82,620	3,692,822	40,900	5,304,128	4,781,601
286	20	300	90	6,042,693	500	740,360	224,899	522,527	82,620	4,431,387	40,900	6,042,693	5,520,166
287	20	350	90	6,781,257	500	740,360	224,899	522,527	82,620	5,169,951	40,900	6,781,257	6,258,730
288	20	400	90	7,578,822	500	740,360	283,899	522,527	82,620	5,908,516	40,900	7,578,822	7,056,295
289	20	450	90	8,317,386	500	740,360	283,899	522,527	82,620	6,647,080	40,900	8,317,386	7,794,859
290	20	500	90	9,055,951	500	740,360	283,899	522,527	82,620	7,385,645	40,900	9,055,951	8,533,424
291	20	50	100	2,374,414	400	696,180	88,302	548,627	73,400	927,405	40,500	2,374,414	1,825,787

ลำดับที่	มุมเฉียง	ปริมาณการขนถ่าย	ความยาวสายพาน	ต้นทุนรวมที่ต่ำสุด	จุดต่ำสุดของหน้ากว้าง	ส่วนของตัวรองรับ	ส่วนของชุดขับ	ส่วนของโครงสร้างเหล็ก	ส่วนของสายพาน	ส่วนของต้นทุนค่าพลังงาน	ส่วนของการติดตั้ง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง(หักค่าส่วนของโครงสร้างเหล็ก)
292	20	100	100	3,312,066	500	808,870	154,515	570,277	91,800	1,641,254	45,350	3,312,066	2,741,789
293	20	150	100	4,144,143	500	808,870	165,964	570,277	91,800	2,461,882	45,350	4,144,143	3,573,866
294	20	200	100	4,985,905	500	808,870	187,099	570,277	91,800	3,282,509	45,350	4,985,905	4,415,628
295	20	250	100	5,844,332	500	808,870	224,899	570,277	91,800	4,103,136	45,350	5,844,332	5,274,055
296	20	300	100	6,664,959	500	808,870	224,899	570,277	91,800	4,923,763	45,350	6,664,959	6,094,682
297	20	350	100	7,544,586	500	808,870	283,899	570,277	91,800	5,744,390	45,350	7,544,586	6,974,309
298	20	400	100	8,365,213	500	808,870	283,899	570,277	91,800	6,565,017	45,350	8,365,213	7,794,936
299	20	450	100	9,185,841	500	808,870	283,899	570,277	91,800	7,385,645	45,350	9,185,841	8,615,564
300	20	500	100	10,006,468	500	808,870	283,899	570,277	91,800	8,206,272	45,350	10,006,468	9,436,191
301	30	50	10	538,952	500	183,370	51,755	140,527	9,180	148,820	5,300	538,952	398,425
302	30	100	10	689,765	500	183,370	53,749	140,527	9,180	297,639	5,300	689,765	549,238
303	30	150	10	849,585	500	183,370	64,749	140,527	9,180	446,459	5,300	849,585	709,058
304	30	200	10	1,000,923	500	183,370	67,268	140,527	9,180	595,278	5,300	1,000,923	860,396
305	30	250	10	1,163,467	500	183,370	80,992	140,527	9,180	744,098	5,300	1,163,467	1,022,940

ลำดับที่	มุม เฉียง	ปริมาตร การ ขน ถ่าย	ความ ยาว สายพ าน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุด ต่ำสุด ของ หน้า กว้าง	ส่วนของ ตัว รองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
306	30	300	10	1,312,286	500	183,370	80,992	140,527	9,180	892,917	5,300	1,312,286	1,171,759
307	30	350	10	1,484,616	500	183,370	104,502	140,527	9,180	1,041,737	5,300	1,484,616	1,344,089
308	30	400	10	1,633,436	500	183,370	104,502	140,527	9,180	1,190,557	5,300	1,633,436	1,492,909
309	30	450	10	1,782,255	500	183,370	104,502	140,527	9,180	1,339,376	5,300	1,782,255	1,641,728
310	30	500	10	1,949,488	500	183,370	122,915	140,527	9,180	1,488,196	5,300	1,949,488	1,808,961
311	30	50	20	797,812	500	251,880	62,755	188,277	18,360	266,790	9,750	797,812	609,535
312	30	100	20	1,069,116	500	251,880	67,268	188,277	18,360	533,581	9,750	1,069,116	880,839
313	30	150	20	1,349,630	500	251,880	80,992	188,277	18,360	800,371	9,750	1,349,630	1,161,353
314	30	200	20	1,639,930	500	251,880	104,502	188,277	18,360	1,067,161	9,750	1,639,930	1,451,653
315	30	250	20	1,906,720	500	251,880	104,502	188,277	18,360	1,333,951	9,750	1,906,720	1,718,443
316	30	300	20	2,191,924	500	251,880	122,915	188,277	18,360	1,600,742	9,750	2,191,924	2,003,647
317	30	350	20	2,464,938	500	251,880	129,139	188,277	18,360	1,867,532	9,750	2,464,938	2,276,661
318	30	400	20	2,731,728	500	251,880	129,139	188,277	18,360	2,134,322	9,750	2,731,728	2,543,451
319	30	450	20	3,035,343	500	251,880	165,964	188,277	18,360	2,401,112	9,750	3,035,343	2,847,066

ลำดับที่	มุม เอียง	ปริมาตร การ ขน ถ่าย	ความ ยาว สายพ าน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุด ต่ำสุด ของ หน้า กว้าง	ส่วนของ ตัว รองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
320	30	500	20	3,302,134	500	251,880	165,964	188,277	18,360	2,667,903	9,750	3,302,134	3,113,857
321	30	50	30	1,051,779	400	277,670	62,849	230,127	22,020	446,263	12,850	1,051,779	821,652
322	30	100	30	1,439,776	500	323,360	80,992	236,027	27,540	757,657	14,200	1,439,776	1,203,749
323	30	150	30	1,842,114	500	323,360	104,502	236,027	27,540	1,136,485	14,200	1,842,114	1,606,087
324	30	200	30	2,239,356	500	323,360	122,915	236,027	27,540	1,515,314	14,200	2,239,356	2,003,329
325	30	250	30	2,624,408	500	323,360	129,139	236,027	27,540	1,894,142	14,200	2,624,408	2,388,381
326	30	300	30	3,040,062	500	323,360	165,964	236,027	27,540	2,272,971	14,200	3,040,062	2,804,035
327	30	350	30	3,418,890	500	323,360	165,964	236,027	27,540	2,651,799	14,200	3,418,890	3,182,863
328	30	400	30	3,818,854	500	323,360	187,099	236,027	27,540	3,030,628	14,200	3,818,854	3,582,827
329	30	450	30	4,197,682	500	323,360	187,099	236,027	27,540	3,409,456	14,200	4,197,682	3,961,655
330	30	500	30	4,614,311	500	323,360	224,899	236,027	27,540	3,788,285	14,200	4,614,311	4,378,284
331	30	50	40	1,302,544	400	336,780	65,368	275,627	29,360	578,609	16,800	1,302,544	1,026,917
332	30	100	40	1,826,744	500	391,870	104,502	283,777	36,720	991,225	18,650	1,826,744	1,542,967
333	30	150	40	2,340,770	500	391,870	122,915	283,777	36,720	1,486,838	18,650	2,340,770	2,056,993

ลำดับที่	มุม เอียง	ปริมาณการ ขนถ่าย	ความยาว สายพาน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุดต่ำสุด ของหน้า กว้าง	ส่วนของ ตัวรองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
334	30	200	40	2,842,607	500	391,870	129,139	283,777	36,720	1,982,451	18,650	2,842,607	2,558,830
335	30	250	40	3,375,044	500	391,870	165,964	283,777	36,720	2,478,063	18,650	3,375,044	3,091,267
336	30	300	40	3,891,792	500	391,870	187,099	283,777	36,720	2,973,676	18,650	3,891,792	3,608,015
337	30	350	40	4,387,405	500	391,870	187,099	283,777	36,720	3,469,289	18,650	4,387,405	4,103,628
338	30	400	40	4,920,817	500	391,870	224,899	283,777	36,720	3,964,901	18,650	4,920,817	4,637,040
339	30	450	40	5,416,430	500	391,870	224,899	283,777	36,720	4,460,514	18,650	5,416,430	5,132,653
340	30	500	40	5,912,043	500	391,870	224,899	283,777	36,720	4,956,127	18,650	5,912,043	5,628,266
341	30	50	50	1,556,310	400	395,890	79,092	321,127	36,700	702,751	20,750	1,556,310	1,235,183
342	30	100	50	2,180,711	500	460,380	104,502	331,527	45,900	1,215,302	23,100	2,180,711	1,849,184
343	30	150	50	2,812,999	500	460,380	129,139	331,527	45,900	1,822,953	23,100	2,812,999	2,481,472
344	30	200	50	3,457,475	500	460,380	165,964	331,527	45,900	2,430,604	23,100	3,457,475	3,125,948
345	30	250	50	4,086,260	500	460,380	187,099	331,527	45,900	3,038,254	23,100	4,086,260	3,754,733
346	30	300	50	4,731,711	500	460,380	224,899	331,527	45,900	3,645,905	23,100	4,731,711	4,400,184
347	30	350	50	5,339,362	500	460,380	224,899	331,527	45,900	4,253,556	23,100	5,339,362	5,007,835

ลำดับที่	มุม เอียง	ปริมาณการ ขนถ่าย	ความยาว สายพาน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุดต่ำสุด ของหน้า กว้าง	ส่วนของ ตัวรองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก)
348	30	400	50	5,947,013	500	460,380	224,899	331,527	45,900	4,861,207	23,100	5,947,013	5,615,486
349	30	450	50	6,613,664	500	460,380	283,899	331,527	45,900	5,468,858	23,100	6,613,664	6,282,137
350	30	500	50	7,221,315	500	460,380	283,899	331,527	45,900	6,076,509	23,100	7,221,315	6,889,788
351	30	50	60	1,790,518	400	457,370	79,092	366,627	44,040	818,689	24,700	1,790,518	1,423,891
352	30	100	60	2,546,568	500	531,860	122,915	379,277	55,080	1,429,886	27,550	2,546,568	2,167,291
353	30	150	60	3,267,735	500	531,860	129,139	379,277	55,080	2,144,829	27,550	3,267,735	2,888,458
354	30	200	60	4,040,638	500	531,860	187,099	379,277	55,080	2,859,772	27,550	4,040,638	3,661,361
355	30	250	60	4,793,382	500	531,860	224,899	379,277	55,080	3,574,716	27,550	4,793,382	4,414,105
356	30	300	60	5,508,325	500	531,860	224,899	379,277	55,080	4,289,659	27,550	5,508,325	5,129,048
357	30	350	60	6,223,268	500	531,860	224,899	379,277	55,080	5,004,602	27,550	6,223,268	5,843,991
358	30	400	60	6,997,211	500	531,860	283,899	379,277	55,080	5,719,545	27,550	6,997,211	6,617,934
359	30	450	60	7,712,154	500	531,860	283,899	379,277	55,080	6,434,488	27,550	7,712,154	7,332,877
360	30	500	60	8,427,097	500	531,860	283,899	379,277	55,080	7,149,431	27,550	8,427,097	8,047,820
361	30	50	70	2,030,540	400	516,480	88,302	412,127	51,380	933,601	28,650	2,030,540	1,618,413

ลำดับที่	มุมเฉียง	ปริมาณการขนถ่าย	ความยาวสายพาน	ต้นทุนรวมที่ต่ำสุด	จุดต่ำสุดของหน้ากว้าง	ส่วนของตัวรองรับ	ส่วนของชุดขับ	ส่วนของโครงสร้างเหล็ก	ส่วนของสายพาน	ส่วนของต้นทุนค่าพลังงาน	ส่วนของค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง	ต้นทุนรวมของสายพานลำเลียง(หักค่าส่วนของโครงสร้างเหล็ก)
362	30	100	70	2,889,856	500	600,370	122,915	427,027	64,260	1,643,284	32,000	2,889,856	2,462,829
363	30	150	70	3,754,547	500	600,370	165,964	427,027	64,260	2,464,926	32,000	3,754,547	3,327,520
364	30	200	70	4,597,324	500	600,370	187,099	427,027	64,260	3,286,568	32,000	4,597,324	4,170,297
365	30	250	70	5,456,766	500	600,370	224,899	427,027	64,260	4,108,210	32,000	5,456,766	5,029,739
366	30	300	70	6,278,409	500	600,370	224,899	427,027	64,260	4,929,853	32,000	6,278,409	5,851,382
367	30	350	70	7,159,051	500	600,370	283,899	427,027	64,260	5,751,495	32,000	7,159,051	6,732,024
368	30	400	70	7,980,693	500	600,370	283,899	427,027	64,260	6,573,137	32,000	7,980,693	7,553,666
369	30	450	70	8,802,335	500	600,370	283,899	427,027	64,260	7,394,779	32,000	8,802,335	8,375,308
370	30	500	70	9,623,977	500	600,370	283,899	427,027	64,260	8,216,421	32,000	9,623,977	9,196,950
371	30	50	80	2,294,112	400	575,590	102,602	457,627	58,720	1,066,973	32,600	2,294,112	1,836,485
372	30	100	80	3,260,725	500	668,880	129,139	474,777	73,440	1,878,039	36,450	3,260,725	2,785,948
373	30	150	80	4,257,705	500	668,880	187,099	474,777	73,440	2,817,059	36,450	4,257,705	3,782,928
374	30	200	80	5,234,524	500	668,880	224,899	474,777	73,440	3,756,078	36,450	5,234,524	4,759,747
375	30	250	80	6,173,544	500	668,880	224,899	474,777	73,440	4,695,098	36,450	6,173,544	5,698,767

ลำดับที่	มุม เอียง	ปริมาตร การ ขน ถ่าย	ความ ยาว สายพ าน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุด ต่ำสุด ของ หน้า กว้าง	ส่วนของ ตัว รองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
376	30	300	80	7,171,563	500	668,880	283,899	474,777	73,440	5,634,117	36,450	7,171,563	6,696,786
377	30	350	80	8,110,583	500	668,880	283,899	474,777	73,440	6,573,137	36,450	8,110,583	7,635,806
378	30	400	80	9,049,602	500	668,880	283,899	474,777	73,440	7,512,156	36,450	9,049,602	8,574,825
379	30	450	80	9,988,622	500	668,880	283,899	474,777	73,440	8,451,176	36,450	9,988,622	9,513,845
380	30	500	80	10,927,641	500	668,880	283,899	474,777	73,440	9,390,195	36,450	10,927,641	10,452,864
381	30	50	90	2,518,064	400	637,070	102,602	503,127	66,060	1,172,655	36,550	2,518,064	2,014,937
382	30	100	90	3,596,305	500	740,360	129,139	522,527	82,620	2,080,759	40,900	3,596,305	3,073,778
383	30	150	90	4,694,644	500	740,360	187,099	522,527	82,620	3,121,138	40,900	4,694,644	4,172,117
384	30	200	90	5,772,823	500	740,360	224,899	522,527	82,620	4,161,517	40,900	5,772,823	5,250,296
385	30	250	90	6,813,202	500	740,360	224,899	522,527	82,620	5,201,896	40,900	6,813,202	6,290,675
386	30	300	90	7,912,582	500	740,360	283,899	522,527	82,620	6,242,276	40,900	7,912,582	7,390,055
387	30	350	90	8,952,961	500	740,360	283,899	522,527	82,620	7,282,655	40,900	8,952,961	8,430,434
388	30	400	90	9,993,340	500	740,360	283,899	522,527	82,620	8,323,034	40,900	9,993,340	9,470,813
389	30	450	90	11,033,720	500	740,360	283,899	522,527	82,620	9,363,414	40,900	11,033,720	10,511,193

ลำดับที่	มุม เอียง	ปริมาตร การ ขน ถ่าย	ความ ยาว สายพ าน	ต้นทุนรวมที่ ต่ำสุด	จุด ต่ำสุด ของ หน้า กว้าง	ส่วนของ ตัว รองรับ	ส่วนของ ชุดขับ	ส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก	ส่วนของ สายพาน	ส่วนของ ต้นทุนค่า พลังงาน	ส่วนของ ค่าติดตั้ง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง	ต้นทุนรวม ของสายพาน ลำเลียง(หัก ค่าส่วนของ โครงสร้าง เหล็ก
390	30	500	90	12,074,099	500	740,360	283,899	522,527	82,620	10,403,793	40,900	12,074,099	11,551,572
391	30	50	100	2,764,259	400	696,180	102,602	548,627	73,400	1,302,950	40,500	2,764,259	2,215,632
392	30	100	100	3,994,215	500	808,870	165,964	570,277	91,800	2,311,954	45,350	3,994,215	3,423,938
393	30	150	100	5,171,327	500	808,870	187,099	570,277	91,800	3,467,931	45,350	5,171,327	4,601,050
394	30	200	100	6,365,104	500	808,870	224,899	570,277	91,800	4,623,908	45,350	6,365,104	5,794,827
395	30	250	100	7,580,081	500	808,870	283,899	570,277	91,800	5,779,885	45,350	7,580,081	7,009,804
396	30	300	100	8,736,058	500	808,870	283,899	570,277	91,800	6,935,862	45,350	8,736,058	8,165,781
397	30	350	100	9,892,035	500	808,870	283,899	570,277	91,800	8,091,839	45,350	9,892,035	9,321,758
398	30	400	100	11,048,012	500	808,870	283,899	570,277	91,800	9,247,816	45,350	11,048,012	10,477,735
399	30	450	100	12,203,989	500	808,870	283,899	570,277	91,800	10,403,793	45,350	12,203,989	11,633,712
400	30	500	100	13,359,966	500	808,870	283,899	570,277	91,800	11,559,770	45,350	13,359,966	12,789,689

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ-สกุล นายธนศิลป์ ลิ้มทอง
 ที่อยู่ 15/1 หมู่ 9 ต.นครปฐม อ.เมือง จ.นครปฐม

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขา วิศวกรรมอุตสาหกรรมศาสตร์
 จากมหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2548 ศึกษาต่อระดับปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม
 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ
 คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
 มหาวิทยาลัยศิลปากร