



ปีการศึกษา 2539

เครื่องฉีดสารเคมีแบบแขนพ่น

BOOM SPRAYER

โดย

นายชนศักดิ์ สุวรรณรัตน์

นายเมษา มณฑิราลัพร

นายสัมพันธ์ ทิราชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์วัชระ เพิ่มชาติ

วัน เดือน ปี.....	29 ก.พ. 2541
เลขทะเบียน.....	038068
เลขเรียกหนังสือ.....	T 390 88 ๕
	๕ 154๑

038068

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทชั้นปีการศึกษา 2539

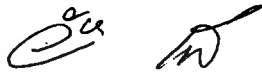
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องฉีดสารเคมีแบบแขนพ่น (Boom sprayer)

ผู้จัดทำ

1. นายชนศักดิ์ สุวรรณรัตน์ รหัส 36014176
2. นายเมฆา มณฑิราลัยพร รหัส 36014334
3. นายสัมพันธ์ พิราชัย รหัส 36014477



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์วัชระ เพิ่มชาติ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องฉีดสารเคมีแบบแขนพ่น

ธนศักดิ์ สุวรรณรัตน์
เมษา มณฑิราลัยพร
สัมพันธ์ พิราชัย
อ.วัชระ เพิ่มชาติ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

เครื่องฉีดสารเคมีแบบแขนพ่น(Boom sprayer) เป็นเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบใช้ความดันของของเหลว ชนิดแรงดันต่ำประมาณ 2.0-6.5 บาร์ มีอัตราการฉีดพ่นประมาณ 8-144 ลิตร/ไร่ มีหน้ากว้างการทำงานประมาณ 6 เมตร ในการฉีดพ่นใช้ต่อพ่วงกับท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก 25-40 แรงม้า ใช้กำลังจาก PTO เป็นต้นกำลังขับ pump ใช้สำหรับฉีดพ่นสารเคมีทางการเกษตร สำหรับพืชสวนหรือพืชไร่ที่มีความสูงไม่เกิน 50 ซม. เท่านั้น ในการทดสอบสมรรถนะเครื่อง ได้ทำการทดสอบที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยทำการทดสอบบนพื้นคอนกรีต ซึ่งความเร็วลมในพื้นที่ทดสอบขณะนั้นประมาณ 3.6-8.64 กม./ชม. โดยมีตัวแปรที่สำคัญ คือ ความเร็วรถ, อัตราการฉีดพ่น, ความดันสารเคมี, และเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นละอองสารเคมี ซึ่งตัวแปรดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันดังนี้

เมื่อเพิ่มความเร็วรถ ที่ความดันสารเคมีคงที่(ความเร็วรอบเครื่องคงที่) จะทำให้อัตราการฉีดพ่นสารเคมี และเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นละอองสารเคมีลดลง และเมื่อเพิ่มความดันสารเคมี(เพิ่มความเร็วรอบเครื่อง)ที่ความเร็วรถคงที่ จะทำให้อัตราการฉีดพ่นสารเคมีและเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นละอองสารเคมีเพิ่มขึ้น

BOOM SPRAYER

Tanasuk Suwanrat
Mesa Montiralaiporn
Sumpun Pirachai
Watchara Permchart Adviser
1996

Abstract

Boom sprayer is a type of sprayer operated under pressure 2.0–6.5 bar, spray volume rate about 8–144 litres/rai, total nozzle spacing 6 metres. It is mounted behind small tractor (25–40 hp) driven by tractor PTO which power transmit to pump, Spraying chemical liquid or solution in agriculture for 50 cm height plant. Sprayer-testing at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang on concrete floor, wind velocity about 3.60–8.64 km/hr has important variables e.g. tractor speed, spray volume rate, pressure, and density of chemical liquid drop that relation shown

Increasing tractor speed (constant pressure or number of turns(rpm)) then spray volume rate increases but density of chemical liquid drop decreases and increasing pressure (or number of turns), constant tractor speed then spray volume rate and density of chemical liquid drop increases.

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(ก)
สารบัญรูปภาพ	(ข)
สารบัญตาราง	(ค)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร ทฤษฎี และหลักการสร้าง Boom Sprayer	2
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง Boom Sprayer	31
บทที่ 4 การทดสอบสมรรถนะ Boom Sprayer	59
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	70
เอกสารอ้างอิง	72



สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่		หน้า
3.2	Boom Sprayer ที่สร้างขึ้น	34
3.3	เครื่องสูบล (Pump)	35
3.4	แขนพ่น Boom Sprayer (1)	37
3.5	แขนพ่น Boom Sprayer (2)	38
3.7	การกระจายของละอองสารเคมีขณะทำการฉีดพ่น	39
3.9	แสดงจุดต่อพ่วง 3 จุด ที่ต่อกับรถแทรกเตอร์	40
3.9a	เพลลา slide	41
3.9b	เพลลาส่งกำลัง	41



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความราบเรียบของผนังท่อ(C) สำหรับท่อที่ทำด้วย วัสดุชนิดต่าง ๆ	6
2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียของข้อต่อ ข้องอ และลิ้นแบบต่าง ๆ	9
2.3 ขนาดสายพานลิ้มและล้อสายพานลิ้ม ตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957 และ ISO/R 256-1962 (E)	16
2.4 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิคซ์ d_p ของสายพานลิ้มตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975 และ ISO/R 253-1962 (E)	17
2.5 ตัวประกอบใช้งาน	19
2.6 ค่าตัวประกอบ k_2	20
2.7 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ้ม	22
2.8 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งลิ้ม N_s สำหรับสายพานลิ้ม	23
2.9 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด “Y” ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 319$ มม. และส่วนโค้งลิ้ม $\alpha = 180^\circ$	24
2.10 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด “Z” ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 824$ มม. และส่วนโค้งลิ้ม $\alpha = 180^\circ$	25
2.11 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด “A” ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 1732$ มม. และส่วนโค้งลิ้ม $\alpha = 180^\circ$	26
2.12 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด “B” ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 2282$ มม. และส่วนโค้งลิ้ม $\alpha = 180^\circ$	27
2.13 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด “C” ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 3811$ มม. และส่วนโค้งลิ้ม $\alpha = 180^\circ$	28
2.14 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด “D” ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 6380$ มม. และส่วนโค้งลิ้ม $\alpha = 180^\circ$	29
2.15 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด “E” ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว $L_p = 7184$ มม. และส่วนโค้งลิ้ม $\alpha = 180^\circ$	30

บทที่ 1

บทนำ

ในอดีตจนถึงปัจจุบัน การทำเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักของคนไทยซึ่งก็ได้แก่การปลูกข้าว การปลูกพืชไร่และการปลูกพืชสวน และในการเพาะปลูกนี้ถ้าต้องการให้ได้ผลผลิตที่เต็มเม็ดเต็มหน่วยหรือได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ เกษตรกรต้องดูแลและเอาใจใส่พืชผลนั้นเป็นอย่างดี อาทิเช่น รดน้ำ, ใส่ปุ๋ย, พรวนดิน ให้สม่ำเสมอที่จะได้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพตามต้องการ แต่มีอีกปัญหาหนึ่งที่เกษตรกรที่ปลูกพืชผักเป็นจำนวนมากต้องประสบ ได้แก่ ปัญหาจากวัชพืชและแมลงต่างๆที่มาแย่งอาหารและกัดกินพืชผักของเกษตรกร ตั้งแต่ในอดีตมาได้มีการนำสารเคมีที่สกัดจากพืชเอง หรือที่ได้จากการสังเคราะห์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา แต่สารเคมีที่นำมาใช้นี้บางชนิดก็อาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้หรือผู้บริโภคพืชผัก ถ้าการใช้สารเคมีในอัตราส่วนที่ไม่ถูกต้องหรือบ่อยครั้งเกินไป ในการใช้สารเคมีมากำจัดวัชพืชและแมลงต่างๆ มีอยู่หลายวิธี เช่น ใช้สารเคมีคลุกเคล้ากับเมล็ดก่อนหว่าน การผสมสารเคมีกับน้ำแล้วใช้รดพืชผัก หรือการใช้สารเคมีผสมกับน้ำแล้วทำการฉีดพ่นโดยเครื่องพ่นยาขนาดเล็ก ซึ่งถ้าเป็นการเพาะปลูกของเกษตรกรรายย่อย ที่มีการเพาะปลูกจำนวนไม่มากเกษตรกรก็สามารถดูแลได้อย่างทั่วถึง และทันเวลาก่อนที่ผลผลิตจะเสียหาย แต่ถ้าเป็นเกษตรกรรายใหญ่มีจำนวนพื้นที่เพาะปลูกมาก ก็จะดูแลได้ไม่ทั่วถึงจำเป็นต้องจ้างแรงงานเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลือง ในปัจจุบันเกษตรกรเหล่านี้ได้มีการนำเอาเครื่องจักร และเครื่องมือที่ทันสมัยเข้ามาช่วย ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้ต่างมีราคาแพง แต่เมื่อเทียบกับการที่ต้องจ้างแรงงานเป็นจำนวนมากก็ยังถือว่าคุ้มทุน

เนื่องจากนักศึกษาของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ในปีการศึกษาก่อนๆ ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องเครื่องพ่นสารเคมีแบบแขนพ่น ซึ่งได้มีการสร้างเครื่องต้นแบบขึ้นมาแต่ว่าเครื่องพ่นนั้นไม่สามารถที่จะนำไปใช้กับสภาพพื้นที่จริง ได้จึงได้มีแนวความคิดที่จะพัฒนาเครื่องพ่นยาแบบแขนพ่นนี้ ให้สามารถนำไปใช้กับสภาพพื้นที่จริงได้ โดยจะออกแบบและสร้างเครื่องพ่นน้ำยาเคมีแบบแขนพ่นที่สามารถนำไปใช้กับพืชผัก ที่เป็นพืชเศรษฐกิจซึ่งมีความต้องการมากของผู้บริโภค เช่น กระถ่ำปลีปม กระเทียม ค่น้ำจิ้น ผักกาดขาว ผักกาดหอม ฯลฯ

เครื่องพ่นน้ำยาเคมีแบบนี้จะทำให้เกษตรกร ประหยัดทั้งเวลา แรงงานและต้นทุนได้มาก ซึ่งเครื่องพ่นน้ำยาเคมีที่จะสร้างขึ้นนี้ เป็นแบบที่ใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับชุดไถงานของรถแทรกเตอร์ โดยใช้กำลังจาก PTO เป็นต้นกำลังของ pump ในการฉีดพ่นสารเคมีให้เป็นละออง แต่ว่าในการนำไปใช้ต้องมีการปรับปรุงสภาพพื้นที่การเพาะปลูกเล็กน้อย เพื่อให้รถแทรกเตอร์ขนาดเล็กสามารถเคลื่อนที่เข้าไปได้

รายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ โดยความเอื้อเฟื้อของคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ทุกๆท่านที่ได้ให้ข้อมูลและความสะดวกต่างๆ รวมไปถึงการให้คำแนะนำ หรือท้วงติงในสิ่งที่ยังบกพร่องอยู่ กลุ่มของข้าพเจ้าต้องขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีและหลักการสร้าง Boom sprayer

1. ชนิดและลักษณะของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีโดยทั่วไป

ในปัจจุบันเครื่องพ่นสารเคมีสามารถใช้กับสารเคมีหลายแบบ เช่น สารเคมีที่เป็นผงละลายในน้ำ สารเคมีที่เป็นของเหลว และสารเคมีที่เป็นผง การใช้สารเคมีแบบต่างๆ จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องพ่นสารเคมีที่แตกต่างกันไปด้วย ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ตามลักษณะการทำงานและรูปแบบของสารเคมีดังนี้

1.1 แบบใช้แรงจากคน (Had-operated sprayer) เป็นเครื่องพ่นที่ไม่ต้องใช้เครื่องยนต์เข้ามาช่วยในการทำงาน ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมกันมากในการเกษตรกรรมขนาดเล็ก เช่น ในสวนผัก สวนดอกไม้และพืชไร่ต่างๆ การทำงานของเครื่องพ่นแบบนี้ จะอาศัยแรงดันที่เกิดขึ้นในถัง ดันให้น้ำยาสารเคมีพ่นกระจายออกมามากมายจนถึง

ชนิดของเครื่องพ่นสารเคมีแบบใช้แรงคนที่นิยมกัน มีดังนี้

- ก. แบบอัดอากาศ (Compressed air sprayer)
- ข. แบบสะพายหลัง (Knapsack sprayer)
- ค. แบบสูบชัก (Double acting slide pump sprayer)
- ง. แบบสะพายหลังใช้กำลังเครื่องยนต์ (Engine driven knapsack sprayer)

สำหรับการทำงานของเครื่องพ่นสารเคมีที่ใช้แรงคนนี้มีข้อเสียดังนี้คือ

- แรงดันน้ำยาที่พ่นออกมานั้น ไม่คงที่
- อัตราพ่นสารเคมีไม่มีความแน่นอน จะขึ้นอยู่กับการทำงานของผู้ใช้
- ขนาดของละอองน้ำยามีขนาดไม่คงที่ จะขึ้นอยู่กับแรงดันของน้ำยาสารเคมี
- ผู้ใช้มีโอกาสได้รับอันตรายจากน้ำยาสารเคมี เนื่องจากกระแสมหรือการเคลื่อนที่ของผู้ใช้
- การกระจายของน้ำยาสารเคมีไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้และวิธีการทำงาน

1.2 แบบสะพายหลังใช้กำลังเครื่องยนต์ (Engine driven knapsack sprayer) แบบนี้เริ่มจะกำลังเป็นที่นิยมกันมากขึ้นในหมู่เกษตรกร เพราะสามารถทำงานได้เร็วขึ้น และทำงานได้หลายแบบ สามารถใช้พ่นสารเคมีที่เป็นของเหลวในลักษณะเป็นหมอกได้ และสามารถพ่นสารเคมีที่เป็นผง นอกจากนี้ยังสามารถใช้หัวน้ำยาเม็ดได้อีกด้วย การทำงานจะอาศัยความเร็วลมและปริมาณของลม ที่เกิดจากพัดลมแบบหอยโข่งพัดพ่นน้ำยาสารเคมี ให้เกิดการแตกกระจายเป็นละอองหรือหมอก ขนาดละอองจะขึ้นกับความเร็วลมและปริมาณลมนั่นเอง

1.3 แบบใช้ความดันของของเหลว (Hydraulic sprayer) จะใช้ในการพ่นสารเคมีที่เป็นของเหลวเท่านั้น ซึ่งของเหลวอาจจะอยู่ในรูปของของเหลว หรือสารเคมีผงละลายแขวนลอยอยู่ในของเหลวก็ได้ ของเหลวจะเป็นตัวพาสารเคมีนั้นออกมาจากเครื่องพ่นสารเคมีในลักษณะของละออง เครื่องพ่นสารเคมีแบบนี้จะอาศัยดันกำลังจากเครื่องสูบ ซึ่งเป็นตัวเพิ่มแรงดันให้กับของเหลวหรือน้ำยาสารเคมี ทำให้น้ำยาสารเคมีแตกตัว

เป็นละอองขนาดเล็ก ขนาดของละอองน้ำยาสารเคมีขึ้นอยู่กับแรงหรือความดัน (Pressure) ที่เกิดจากเครื่องสูบลม เครื่องพ่นสารเคมีนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ

ก) เครื่องพ่นสารเคมีแบบแรงดันต่ำ (Low pressure sprayer) เป็นที่นิยมใช้กันมากในฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ แรงดันที่ใช้มีค่าตั้งแต่ 275 - 690 กิโลปาสกาล หรือประมาณ 2.75 - 6.90 บาร์ อัตราการใช้น้ำยาสารเคมีประมาณ 8 - 144 ลิตร/ไร่

ข) เครื่องพ่นสารเคมีแบบแรงดันสูง (High pressure sprayer) ใช้แรงดัน 1.7 - 5.5 เมกกะปาสกาล การใช้งานจึงเหมาะสมกับพืชหรือไม้พุ่มหนา สวนผลไม้ เป็นต้น

1.4 แบบผสมกับอากาศ (Air blast sprayer) ทำงานโดยการพ่นสารเคมีออกมาผสมกับกระแสลมที่มีความเร็วสูง เมื่อน้ำยาเคมีถูกกระแสลมที่มีความเร็วสูง เกิดการแตกตัวออกมาเป็นละอองขนาดเล็กมีลักษณะเป็นหมอก นอกจากนี้ความเร็วและปริมาณลม มีส่วนในการทำให้ใบไม้ที่เป็นพุ่มเกิดการไหวไปมา ทำให้น้ำยาสารเคมีสามารถแทรกตัวเข้าไปในพุ่มไม้ได้ เครื่องพ่นแบบนี้เหมาะสมกับสวนผลไม้ พืชที่ปลูกเป็นแถว ไม้พุ่มต่างๆ อัตราการใช้น้ำยามีค่าประมาณ 10-750 ลิตรต่อพื้นที่ 1 ไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำยาสารเคมีด้วย พัดลมที่นิยมใช้ส่วนมากจะเป็นพัดลมแบบไหลตามแกน (Axial flow fan) และแบบหอยโข่ง (Centrifugal fan) ซึ่งสามารถให้ปริมาณลมประมาณ 14-33 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ด้วยความเร็ว 110-200 กิโลเมตรต่อวินาที

1.5 แบบหมอกและเครื่องป้ายยาแบบเส้นเชือก (Fogger and rope wick applicator) เครื่องพ่นสารเคมีแบบหมอก (Fogger) สามารถพ่นน้ำยาสารเคมีออกมาในลักษณะเป็นฝอยละเอียดคล้ายหมอก หยดน้ำที่พ่นออกมาจะมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ แต่สามารถเห็นได้ก็ต่อเมื่อหยดน้ำที่พ่นออกมานั้น จับตัวรวมกันเป็นกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายหมอกควัน ลักษณะของน้ำยาที่ออกมาซึ่งมีขนาดเล็กมากนี้ เกิดจากการใช้หัวฉีดที่มีขนาดของรูทางออกเล็กมากและใช้แรงดันสูง ในเครื่องพ่นชนิดอื่นอาจจะเกิดจากการหมุนของจานเหยียง (Spinning disk) หรือโดยการให้ความร้อนแก่น้ำยาสารเคมีแล้วทำการพ่นออกโดยอาศัยแรงขับเคลื่อนของท่อไอเสียของเครื่องยนต์ เครื่องพ่นสารเคมีแบบหมอกนี้ใช้ได้ในพื้นที่ที่จำกัด เช่น ในเรือนกระจก เรือนเพาะชำ เพราะจะทำให้ น้ำยาสามารถครอบคลุมทุกส่วนของต้นพืชที่อยู่เหนือดินได้ สำหรับเครื่องป้ายยาแบบเส้นเชือก (Rope wick applicator) นี้ ไม่สามารถพ่นน้ำยาสารเคมีออกมาได้ แต่จะมีน้ำยาซึมออกมาสัมผัสกับส่วนต่างๆ ของพืช ลักษณะของเครื่องพ่นน้ำยาแบบเส้นเชือกนี้จะประกอบไปด้วยเชือกร้อยเข้าไปในท่อกลมกลวง โดยที่มียางส่วนของเชือกโผล่ออกมาทางด้านนอก ภายในท่อกลมจะบรรจุ น้ำยาปราบวัชพืช ซึ่งจะเป็นน้ำยาสารเคมีประเภทดูดซึมทางใบ น้ำยาจะไหลซึมออกมาทางด้านนอกตามเส้นเชือก ส่วนมากจะใช้ในการกำจัดวัชพืชที่มีความสูงกว่าต้นพืชที่เพาะปลูก ในการทำงานจะลากเครื่องป้ายยานี้ผ่านไปตามวัชพืช โดยที่จะมีน้ำยาคิดอยู่ตามใบของวัชพืชบางส่วนเท่านั้น สำหรับประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องป้ายยาแบบเส้นเชือกนี้ค่อนข้างต่ำ และปริมาณน้ำยาที่ใช้น้อยจึงเหมาะสำหรับน้ำยาที่มีราคาแพง

1.6 การพ่นชนิดใช้ลมเป่า (Air shear and Air blast) หลักการพ่นชนิด air shear จะใช้ลมเป่าด้วยความเร็วสูงเข้าปะทะกับน้ำยาเคมี ที่ถูกส่งออกมาจากหัวฉีด แรงลมจะทำให้ น้ำยาแตกออกเป็นละอองฝอยขนาดเล็ก แล้วลมจะพัดพาเอาละอองเหล่านี้เข้าสู่ทรงพุ่มต้นไม้ที่ถูกพ่น

ถ้าสำหรับหลักการพ่นชนิด air blast น้ำยาจะถูกส่งออกมาภายใต้ความดันผ่านหัวฉีด ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นละอองฝอยอยู่แล้ว กระแสลมที่ถูกเป่าออกมาจากพัดลม จะช่วยตีละอองน้ำยาที่ยังมีขนาดใหญ่หลงเหลืออยู่ให้แตกเป็นละอองเล็กละเอียด ละอองน้ำยาเหล่านี้จะถูกพัดพาให้เข้าไปสู่ทรงพุ่ม ในลักษณะเดียวกันกับเครื่องพ่นชนิด air shear ขนาดละอองที่ได้จะอยู่ในระดับประมาณ 100 ไมครอน

หมายเหตุ ขนาด 1 ไมครอน = 1/1000 มิลลิเมตร

ลักษณะการครอบคลุมพื้นที่เป้าหมาย ของละอองน้ำยาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่าง ๆ กัน เป็นดังนี้คือ

1.6.1 ละอองที่มีขนาดใหญ่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของละอองมากกว่า 300 ไมครอน จะครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายได้ไม่ทั่วถึง ละอองชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ฉีดสารกำจัดวัชพืช

1.6.2 ละอองขนาดปานกลาง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150-300 ไมครอน จะครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายได้ดีพอควร

1.6.3 ละอองขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 150 ไมครอน ส่วนใหญ่จะได้จากเครื่องพ่นหมอก (Air blast)



2. หลักการออกแบบระบบ Pump

ในการออกแบบระบบสูบน้ำสิ่งที่เราต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกได้แก่ head ของระบบ (System head) ซึ่งคำว่า head ของระบบ หมายถึง head ที่เกิดจากผลรวมระหว่างค่าความต้านทานที่เกิดตามทีต่างๆ ในระบบท่อ ความต้านทานแบบนี้ประกอบด้วย head ความเสียดทานหรือ head ความฝืด (Friction head) เริ่มตั้งแต่ที่ปากทางเข้าสู่ท่อจุด(Entrance loss) การสูญเสีย head ที่ข้อต่อข้องอต่างๆ ที่มีอยู่ในระบบ(Fitting loss) การสูญเสีย head เนื่องจากความยาวท่อ(Loss in pipe length) และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งไว้ให้ระบบ(Equipment loss) ตลอดจนไปจนถึงการสูญเสีย head ที่บริเวณปากทางออก(Exit Loss) ค่า head ของระบบนี้เมื่อนำมารวมเข้ากับค่า static head ก็จะเรียกว่า head รวม(Total head)

2.1 การสูญเสีย head เนื่องจากความเสียดทานภายในท่อ

เมื่อน้ำหรือของเหลวไหลไปภายในท่อปิด ไม่ว่าจะเป็นการไหลแบบราบเรียบ(Laminar flow)หรือการไหลแบบปั่นป่วน(Turbulent flow)ก็จะต้องเกิดการสูญเสีย head เนื่องจากปัจจัย 2 ประการ คือ ความฝืดของผนังภายในท่อและความยาวของท่อนั้น ถ้าท่อเรียบและสั้นการสูญเสียจะมีน้อย แต่ถ้าเป็นท่อที่มีผนังภายในขรุขระหรือท่อนั้นมีความยาวมาก การสูญเสียก็จะมากขึ้น และถ้ายังมีความเร็วในการไหลสูงในระดับ turbulent การสูญเสียก็จะมีมากขึ้นอีก

การคำนวณหาอัตราการสูญเสีย head อันเนื่องมาจากความยาวและ head ความฝืดภายในท่อมียหลายวิธี แต่ที่นิยมใช้ช้อยู่ในก็คือการคำนวณโดยใช้สูตรของ William and Hazen คือ

$$V = 1.318 CR^{0.7} S^{0.54}$$

เมื่อ

$$V = \text{ความเร็วของน้ำในท่อ ฟุต/วินาที}$$

$$C = \text{สัมประสิทธิ์ความเรียบของผนังท่อ}$$

$$R = \text{Hydraulic radius ฟุต}$$

$$S = \text{Hydraulic gradient ซึ่งเป็นอัตราการสูญเสีย head เนื่องจากความฝืดต่อความยาว}$$

ท่อ 1 หน่วย (ฟุต/ฟุต)

ค่าสัมประสิทธิ์ไฮดรอลิก R คืออัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดของของเหลวที่ไหลในท่อ กับพื้นที่บริเวณที่เปียกน้ำ (Wetted perimeter) ซึ่งมีค่าโดยประมาณเท่ากับ $D/4$ เมื่อ D เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อมียหน่วยฟุต จากสูตรนี้ ถ้าทราบความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อ ก็สามารถจะคำนวณหาค่าไฮดรอลิกเกรเดียนท์ (S) ได้ ซึ่งจะช่วยให้ทราบ ได้ว่าค่าการสูญเสีย head เนื่องจากความฝืดของท่อต่อหนึ่งหน่วยความยาวของท่อหรือต่อ 1 ฟุต เป็นเท่าใด ดังนั้นถ้าต้องการทราบค่ารวมของการสูญเสีย head เนื่องจากความฝืดตลอดความยาวท่อ (L) ก็เพียงแต่นำค่า L ไปคูณเข้าเท่านั้น ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของความเรียบของผนังท่อ (Coefficient of pipe smoothness) หรือค่า C ที่ใช้ในสูตรนี้ได้จากการวางข้างล่าง ค่านี้จะสูงขึ้นเมื่อผิวผนังด้านในของท่อมียความราบเรียบมากขึ้น เช่น เหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียว เมื่อใช้งานไปนานๆ ค่า C จะลดลง เนื่องจากผนังท่อมียความขรุขระเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความราบเรียบของผนังท่อ (C) สำหรับท่อที่ทำด้วยวัสดุชนิดต่างๆ

ชนิดของท่อ	C - values
ท่อเหล็กหล่อใหม่	130
ท่อเหล็กหล่อเก่า (5 ปีขึ้นไป)	100
ท่อเหล็กหล่อเคลือบแอสฟัลต์	130
ท่อซีเมนต์แอสเบสทอส	130 - 140
ท่อซีเมนต์ผิวเรียบ หรือท่อหล่อเคลือบภายในด้วยซีเมนต์เรียบ	130 - 140
ท่อซีเมนต์ผิวธรรมดา (ผิวหยาบ)	110 - 120
ท่อเหล็กเหนียวใหม่	120 - 130
ท่อเหล็กเหนียวเก่า	80 - 100
ท่อที่ทำด้วยวัสดุ Polyvinyl chloride (PVC)	140 - 150
ท่อเหล็กม้วนมีตะเข็บ	130 - 140
ท่อเหล็กขี้หูด	90 - 110

2.2 การสูญเสีย head เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดท่อ

ในระบบการวางท่อ บางครั้งอาจมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงขนาดของท่อจากที่ใช้ดั้งเดิม ให้โตขึ้นหรือเล็กลง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการสูญเสีย head ขึ้น และอาจคำนวณออกมาได้เช่นกัน การเปลี่ยนขนาดท่อทำได้โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ข้อลด (Reducer) เมื่อต้องการเปลี่ยนขนาดท่อที่จะใช้ต่อไปให้เล็กลง และข้อเพิ่มหรือข้อขยาย (Enlarger) เมื่อต้องการให้ท่อที่จะใช้ต่อไปมีขนาดโตขึ้น อันที่จริงข้อลดและข้อเพิ่มนี้ก็คืออุปกรณ์ชิ้นเดียวกันนั่นเอง สุดแล้วแต่ว่าจะเอาด้านไหนมาใช้เท่านั้น ข้อลดหรือข้อเพิ่มนี้มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่ค่อย ๆ เปลี่ยนขนาด (รูปที่ 2.1a) กับแบบที่เปลี่ยนขนาดโดยฉับพลัน(รูปที่ 2.1b) การเปลี่ยนแปลงทั้งสองแบบนี้ให้ผลทางด้านการสูญเสีย head ต่างกัน

สำหรับในการเปลี่ยนแปลงขนาดท่อแบบค่อยเป็นค่อยไปของ h_f จะขึ้นอยู่กับมุมลาดที่เกิดขึ้นระหว่างส่วนต่อของท่อทั้งสองขนาด หรือมุม θ ในรูปที่ 2.1a ส่วนสมการที่ใช้ในการคำนวณก็คือ

$$h_f = k (v_1 - v_2)^2 / 2g \quad (2.1)$$

เมื่อ v_1 = ความเร็วเฉลี่ยของของเหลวในท่อเล็ก เป็นฟุต/วินาที

v_2 = ความเร็วเฉลี่ยของของเหลวในท่อใหญ่ เป็นฟุต/วินาที

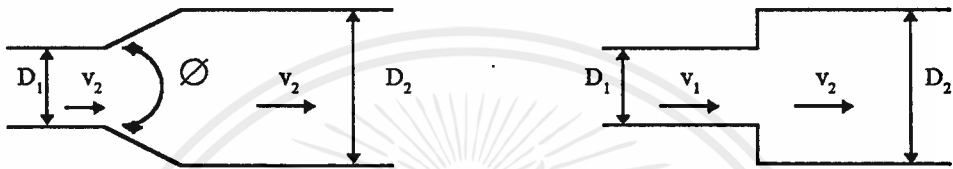
ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของค่า h_f จึงขึ้นอยู่กับความลาดชันของมุม θ ที่เกิดขึ้นระหว่างท่อทั้งสองขนาด
 ดังรูปที่ 2.2a

ส่วนการเปลี่ยนแปลงขนาดแบบกะทันหันหรือทันทีทันใดที่เรียกว่า sudden change นั้น การหาค่า h_f คงใช้สูตรเดียวกัน คือใช้สมการที่ 2.1 แต่การเปลี่ยนแปลงของค่า k จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่าง ขนาดของ ท่อทั้งสอง ดังในรูป 2.2b

$$h_f = k(v_1 - v_2)^2 / 2g \quad (2.2)$$

เมื่อ v_1 = ความเร็วเฉลี่ยของน้ำทางด้านที่น้ำเข้ามา

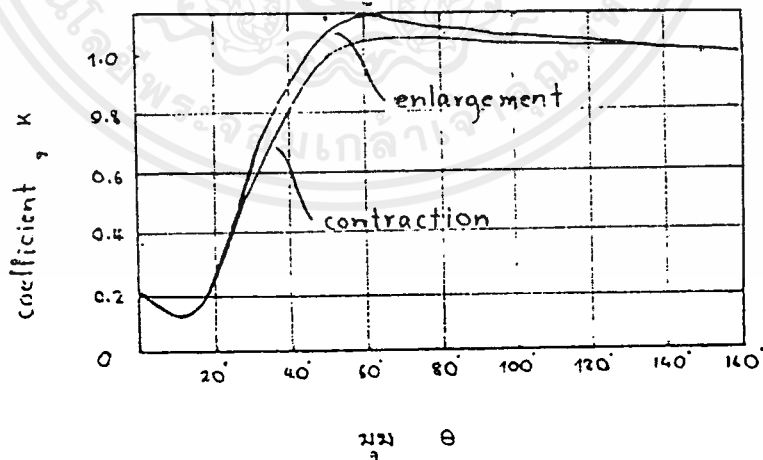
v_2 = ความเร็วเฉลี่ยของน้ำทางด้านที่น้ำออกไป



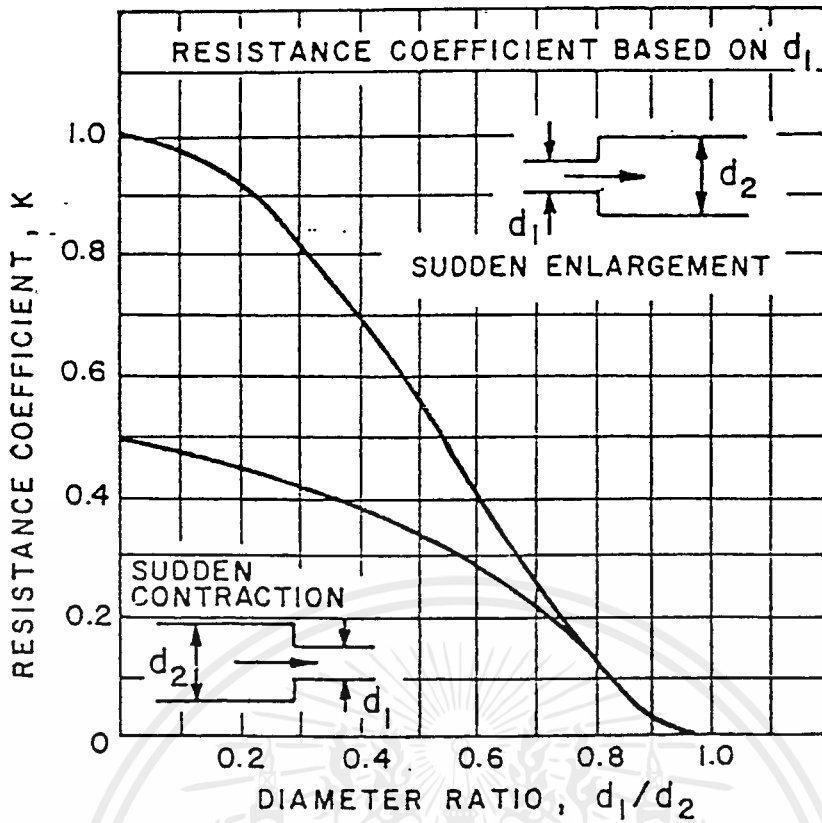
a) การเปลี่ยนขนาดท่อแบบค่อย ๆ เปลี่ยน

b) การเปลี่ยนขนาดท่อแบบกะทันหัน

รูปที่ 2.1



รูป 2.2a ค่า K สำหรับการเปลี่ยนขนาดท่อแบบค่อย ๆ เปลี่ยน



รูปที่ 2.2b) ค่า K สำหรับการเปลี่ยนขนาดท่อแบบกะทันหัน

2.3 การสูญเสีย head ที่ข้อต่อข้องอและดัด (Fitting Loss)

เมื่อน้ำไหลผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องมีต้องใช้ในระบบหารวางท่อ เช่น ข้อต่อ ข้องอ ประตุน้ำ หรือดัด ก็ย่อมต้องมีการสูญเสีย head เกิดขึ้นเนื่องจากความต้านทานที่อุปกรณ์เหล่านั้นมีต่อการไหลของน้ำ ค่า head ที่สูญเสียไปอันเนื่องมาจากอุปกรณ์ประกอบท่อแบบต่าง ๆ ที่รวมเรียกว่า fitting loss นี้จะคำนวณได้โดยใช้ค่าของ velocity head ของน้ำที่ไหลผ่านจุดนั้น กับค่า k ของอุปกรณ์ตัวนั้น

$$h_f = K v^2 / 2g$$

เมื่อ K คือค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสีย head เนื่องจากอุปกรณ์นั้น ค่า K สำหรับอุปกรณ์ประกอบท่อต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียของข้อต่อข้องอและลิ้นแบบต่าง ๆ

ชนิดของอุปกรณ์	ค่าสัมประสิทธิ์ (K)
Globe Valve	10.0
Angle Valve	5.0
Check Valve (Swing-open Type)	0.5-2.5
Gate Valve (Fully Open)	0.2
Close Return Bend (ข้องอตัวยู)	2.2
Standard Tee (ข้อต่อสามทาง)	1.8
Standard Elbow (ข้องอ 90 องศา)	0.9
Long Sweep Elbow (ข้อโค้ง 90 องศา)	0.6
45 Elbow (ข้องอ 45 องศา)	0.2
Diaphragm Valve : ประกอบด้วยแผ่นไดอะแฟรมทำหน้าที่เป็นลิ้นปิด - เปิด	
Butterfly Valve : มักใช้ควบคุมอัตราการไหลของอากาศ	

โดยทั่วไปค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดท่อวัสดุที่ใช้ทำท่อและการออกแบบซึ่งโดยมากมักมีอยู่ 2 แบบคือ แบบข้อต่อด้วยเกลียวและแบบข้อต่อด้วยหน้าแปลน (flange) การข้อต่อโดยใช้ข้อต่อเกลียวมักจะเป็นท่อขนาดเล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 4-5 นิ้ว ส่วนทำที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ส่วนมากจะเป็นข้อต่อแบบใช้หน้าแปลน เพราะต่อได้ง่ายและสะดวกกว่าแบบเกลียว รูปที่ 2.3 เป็นรูปที่ใช้หาค่าของ fitting loss ได้อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งให้ความถูกต้องมากกว่าข้อมูลที่ให้ไว้ในตารางที่ 2.2

2.4 การสูญเสีย head ที่บริเวณปากทางเข้าและปากทางออก (Entrance and Exit losses)

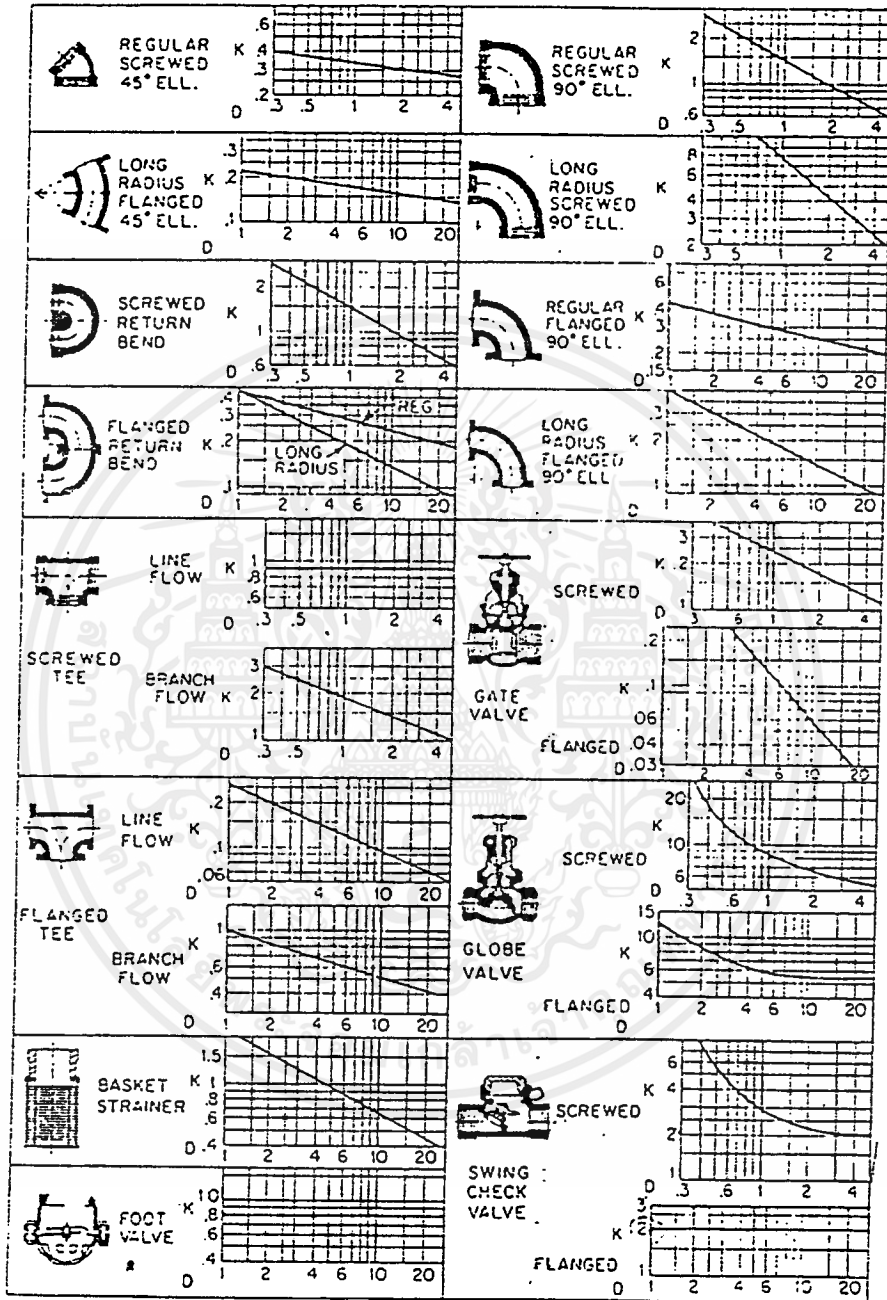
เมื่อน้ำไหลเข้าสู่ระบบ pump ที่บริเวณปากท่อจุด ก็จะเริ่มมีการสูญเสีย head เนื่องจากความต้านทานที่เกิดขึ้นบริเวณปากทางเข้า (Entrance loss) และเมื่อไหลพ้นออกจากระบบไปก็จะมี การสูญเสียที่บริเวณปากทางออก(Exit loss)ค่าการสูญเสียทั้งสองประการนี้ แม้จะดูเป็นเรื่องเล็กน้อยแต่จำเป็นที่จะต้องนำมาคำนวณด้วย เพื่อป้องกันการผิดพลาดจากการเลือก pump ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป การสูญเสียที่บริเวณปากทางเข้าออกนี้ขึ้นอยู่กับ

1. ขนาดของท่อ
2. วัสดุที่ใช้ทำท่อ
3. ลักษณะการออกแบบ

- สำหรับการคำนวณ ยังใช้สูตรเดิมคือ $h_f = K v^2 / 2g$

2.4.1 ปากทางเข้า (Entrance)

การออกแบบปากทางที่จะให้น้ำผ่านเข้าสู่ท่อจุด มีส่วนสำคัญมากที่จะทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย (K) ที่แตกต่างกันไป ปากท่อจุดส่วนมากจะมีอยู่สองแบบ คือ แบบตรง (Straight Mouth) และแบบปากระฆัง (Bell Mouth) ซึ่งแต่ละแบบจะมีค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียต่างกัน ดังรูปที่ 2.4a และลักษณะการติดตั้งก็จะทำให้ค่า K ที่แตกต่างกันไปอีกเหมือนกัน ดังรูปที่ 2.4b



* Hydraulic Institute. $h = k \frac{v^2}{2g}$ feet of fluid.

รูปที่ 2.3 สัมประสิทธิ์การสูญเสีย(K) เนื่องจากอุปกรณ์ประกอบท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

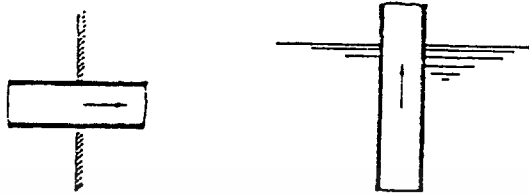
2.4.2 ปากทางออก (Exit)

ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียของปากทางออก ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ที่นำมาติดตั้งไว้ที่จุดนั้น เช่น ก๊อคน้ำ หัวฉีด (Jet หรือ Nozzle) หรืออาจเป็นปลายท่อที่ปล่อยให้น้ำไหลผ่านออกไปเรื่อยๆ การคิดค่า K สำหรับปากทางออกที่ปล่อยให้น้ำไหลผ่านออกไป โดยไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็คิดวางไว้ ค่า K จะเท่ากับ 1.0 หรือค่าการสูญเสีย head ที่จุดนั้น จะเท่ากับค่า head ความเร็ว หรือ $V^2/2g$ แต่ถ้ามีอุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่งไว้ก็ให้คำนวณค่าการสูญเสีย head โดยใช้ค่า K ของอุปกรณ์ชนิดนั้นตามที่ได้ให้ไว้แล้ว

Total head

ค่ารวมของการสูญเสีย head ในระบบ pump ทำได้ด้วยการบวกค่าการสูญเสีย head ที่จุดต่างๆ ตั้งแต่ปากทางเข้า การสูญเสียเนื่องจากความยาวของท่อดูดและท่อส่ง ข้อต่อและข้องอต่างๆ ถิ่นกันกลับ ประตูน้ำ ไปจนถึงปากทางออก ค่าที่ได้ก็คือค่าการสูญเสีย head รวม (Total head loss) ซึ่งเมื่อนำมาบวกเข้ากับค่า Static head ของระบบนี้ก็ได้ค่า total head ของระบบนั้นๆ ซึ่งก็หมายความว่า เครื่องสูบน้ำที่ใช้จะต้องมีความสามารถที่จะสร้าง head ขนาดนั้นขึ้นให้ได้ จึงจะสามารถส่งน้ำไปได้ตลอดระบบที่วางไว้ ถ้า head ของเครื่องสูบน้ำมีค่าน้อยกว่า head ของระบบก็จะส่งน้ำไปไม่ถึงปลายทาง





PLAIN END PIPE PROJECTING THROUGH WALL OR VERTICALLY INTO BODY OF WATER WITH ADEQUATE SUBMERGENCE AND CLEARANCE

$K = 0.8$



PLAIN END PIPE FLUSH WITH WALL

$K = 0.5$

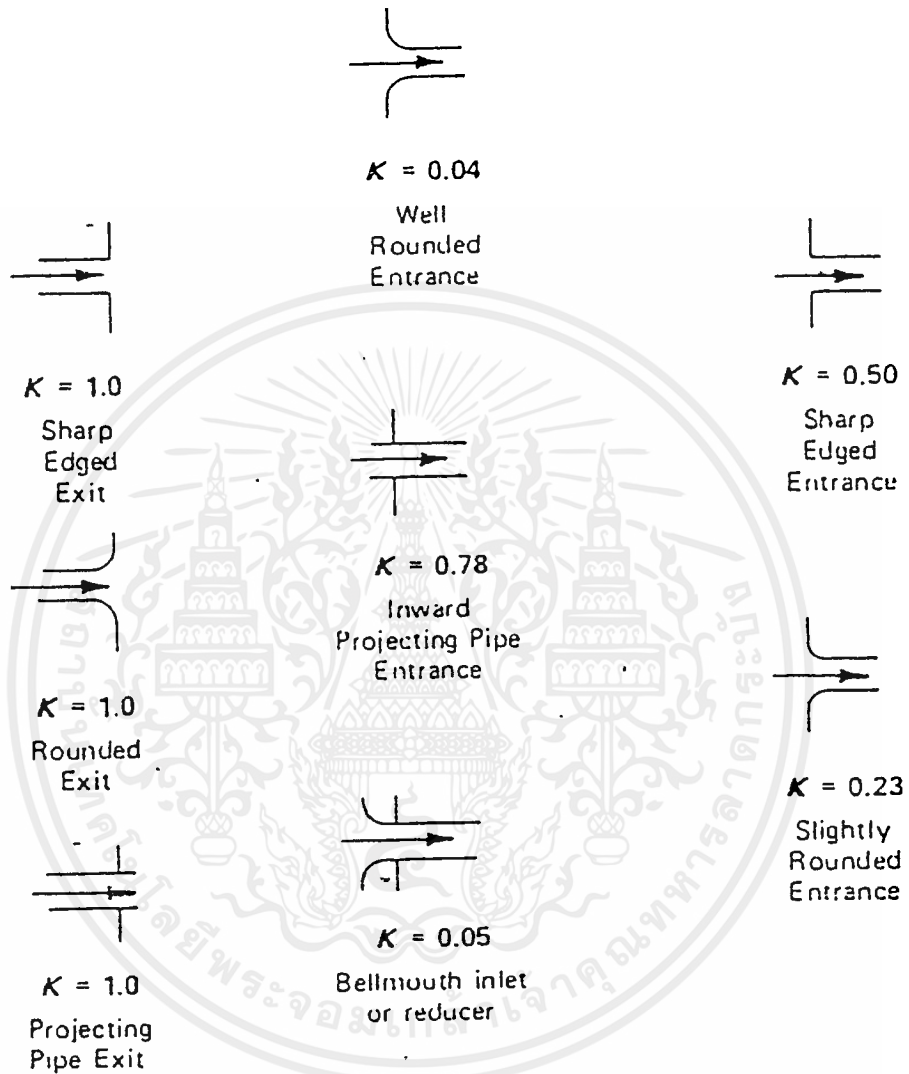


BELLMOUTH PIPE FLUSH WITH WALL
 $K = 0.1$ (well rounded)
 TO
 0.25 (slightly rounded)

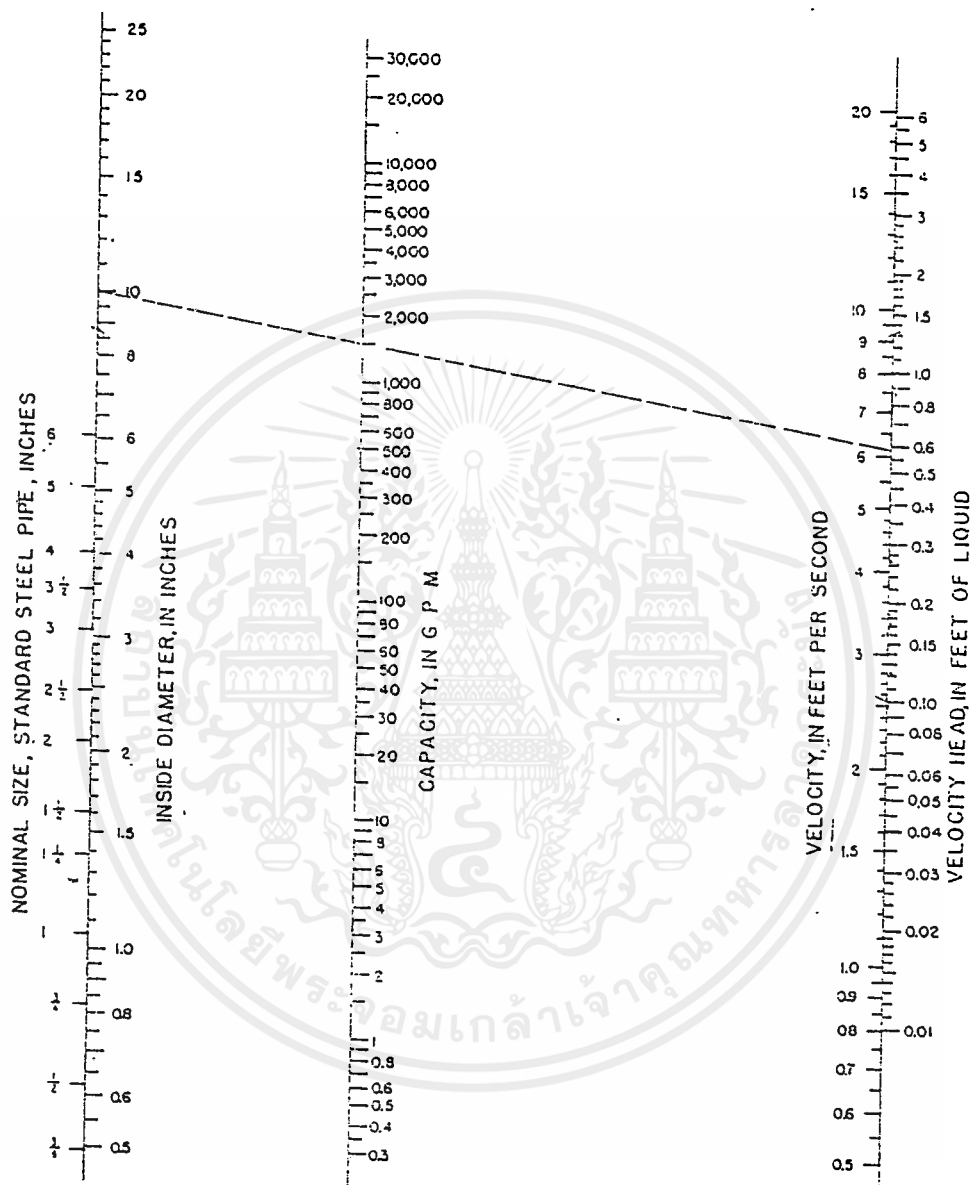


BELLMOUTH PIPE SUSPENDED IN BODY OF WATER, WITH ADEQUATE SUBMERGENCE AND CLEARANCE
 $K = 0.2$ (well rounded)
 TO
 0.5 (slightly rounded)

รูปที่ 2.4a สัมประสิทธิ์การสูญเสีย(K) ที่ปากทางเข้าแบบต่างๆ



รูปที่ 2.4b สัมประสิทธิ์การสูญเสีย (K) ที่ปากทางเข้าและปากทางออก



รูปที่ 2.5 Velocity of liquids in pipes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

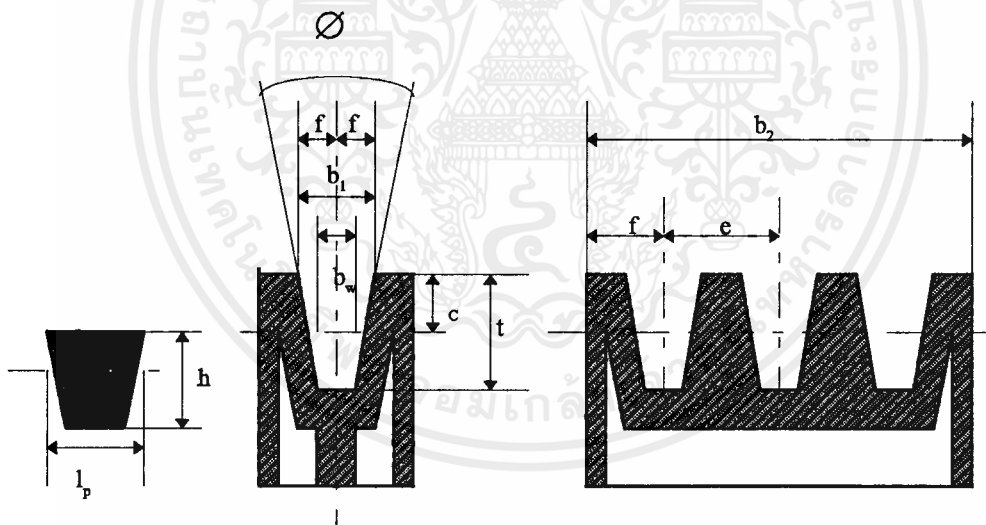
3. หลักการออกแบบสายพานลิ่ม และ Pulley

สายพานลิ่มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมาก โดยต้องการแรงดึงชั้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียว กับร่องรูปลิ่มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสสั้น และมีความแข็งแรงดึงชั้นต้นค่อนข้างต่ำ และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย ในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุด เมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีที่ไม่มีเหตุฉุกเฉิน ก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ด้วย

การขับด้วยสายพานลิ่ม มีข้อดีคือเงียบ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้้นอกจากนั้นยังมีขนาดกระทัดรัด มีประสิทธิภาพ และแบร์ริงของเพลาลังไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการขับทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งใช้สายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงพอประมาณ 7:1 หรืออาจใช้ได้ถึง 10:1

3.1 ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ่ม

สายพานลิ่ม มีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิทช์ (Pitch width) และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ (Narrow V-belts) มีขนาด SPZ SPA SPB และ SPC และสายพานลิ่มแบบธรรมดา มีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่มและล้อสายพาน ดูได้จากรูปที่ 2.6 ส่วนขนาดต่างๆ ดูได้จากตาราง 2.3 และตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.6 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน

ตารางที่ 2.3 ขนาดสายพานลิ้มและล้อสายพานลิ้ม ตามมาตรฐาน ISO/R 52-1957 และ ISO/R 256-1962(E)

หน่วยความยาว		A	B	C	D	E			
l_p		5.3	8.5	11	14	19	27	32	
h		4	6	8	11	14	19	25	
b_w		5.3	8.5	11	14	19	27	32	
b_l		6.3	9.7	12.7	16.3	22	32	40	
c		1.6	2	2.8	3.5	4.8	8.1	12	
e		8 ± 0.3	12 ± 0.3	15 ± 0.3	19 ± 0.4	25.5 ± 0.5	37 ± 0.6	44.5 ± 0.7	
f		6 ± 0.5	8 ± 0.6	10 ± 0.6	12.5 ± 0.8	17 ± 1	24 ± 2	29 ± 2	
e_{min}		7	11	14	18	24	28	33	
32°	ϕ	≤ 63	-	-	-	-	-	-	
34°	สำหรับ	-	63 - 80	90 - 118	140 - 190	224 - 315	-	-	
36°	เส้นผ่าน	63	-	-	-	-	≤ 500	≤ 630	
38°	ศูนย์กลาง คัตซ์ d_p	-	> 80	> 118	> 190	> 315	> 500	> 630	
b_2	จำนวน ร่องบน ล้อสาย พาน	1	12	16	20	25	34	48	58
		2	20	28	35	44	59.5	85	102.5
		3	28	40	50	63	85	122	147
		4	36	52	65	82	110.5	159	191.5
		5	44	64	80	101	136	196	236
		6	52	76	95	120	161.5	233	280.5
		7	60	88	110	139	187	270	325
		8		100	125	158	212.5	307	369.5
		9		112	140	177	238	344	411
		10		124	155	196	263.5	381	458.5
		11		136	170	215	289	418	503
		12		148	185	234	314.5	455	547.5
d_{pmin}		28	50	80	125	200	355	500	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิชต์ d_p ของสายพานลิ่มตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975 และ ISO/R 253-1962(E)

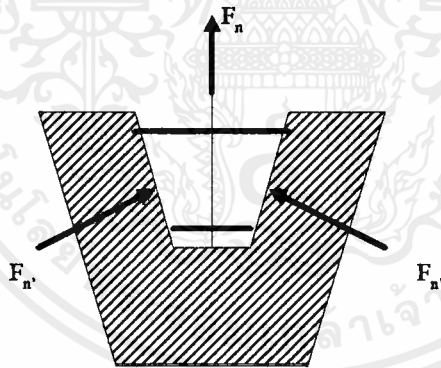
ขนาดเป็น mm

25	60	100	170	280	500	900	1900
28	63	106	180	300	530	1000	2000
31.5	67	112	190	315	560	1060	2240
35.5	71	118	200	355	600	1120	2500
40	75	125	212	375	630	1250	
45	80	132	224	400	670	1400	
50	85	140	236	425	710	1500	
53	90	150	250	450	750	1600	
56	95	160	265	475	800	1800	

3.2 กลศาสตร์ของสายพานลิ่ม

ในการขับเคลื่อนสายพานลิ่ม แรงปฏิกิริยาระหว่างสายพานกับล้อสายพานจะอยู่ในทิศทางตั้งฉากกับผิวสัมผัส ดังรูปที่ 7 ให้ F_n เป็นแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัสของสายพานกับร่องบนล้อสายพาน ดังนั้นจากสมการ $fF_n = dF$ ของสายพานแบน ในกรณีของสายพานลิ่มจะกลายเป็น

$$2 f F_n = d F$$



รูปที่ 2.7 แรงบนสายพานลิ่ม

แรงปฏิกิริยารวมของแรง F_n' ทั้งสองแรงคือ

$$F_n = \frac{2 F_n' \sin \phi}{2}$$

หรือ

$$F_n' = \frac{F}{2 \sin \phi}$$

แทนค่า F_n' จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{fF_n}{\sin \phi} = dF$$

เมื่อพิจารณารูป -- และรวมแรงในแนวตั้ง จะได้

$$F_c + F_n = (F + \frac{1}{2}dF)d\theta$$

เมื่อกำจัด F_n ออกจากสมการทั้งสองนี้จะได้

$$\begin{aligned} dF &= \frac{f}{\sin \phi} (F + \frac{1}{2}dF)d\theta - \frac{f}{\sin \phi} F_c \\ &= \frac{f}{\sin \phi} (F + \frac{1}{2}dF - \frac{wAV^2}{g})d\theta \end{aligned}$$

$$\frac{dF}{F + \frac{1}{2}dF - \frac{wAV^2}{g}} = \frac{f}{\sin \phi} d\theta$$

อินทิเกรตสมการนี้จาก $\theta = 0$ ถึง α และจาก $F = F_2$ ถึง $F = F_1$ จะได้

$$\ln \frac{(F - \frac{wAV^2}{g})}{(F_2 - \frac{wAV^2}{g})} = e^{\frac{f}{\sin \phi} \alpha}$$

หรือ

$$\frac{F_1 - F_2}{F_2 - \frac{wAV^2}{g}} = e^{\frac{f}{\sin \phi} \alpha} \quad (2.3)$$

โดยที่ $f = f/\sin(\phi/2)$ และกำลังที่ส่งได้โดยสายพานก็หาค่าได้จากสมการ

$$W_p = z(F_1 - F_2)v \quad (2.4)$$

โดยที่ v = ความเร็วของสายพาน เป็น m/s

z = จำนวนสายพาน

ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพานก็หาค่าได้จากสมการ

$$L_p = 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \quad (2.5)$$

โดยที่สัญลักษณ์ต่าง ๆ ยังคงมีความหมายเช่นเดียวกับสายพานแบน แต่ในกรณีของสายพานลิ่ม จะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์แทน หรือในกรณีที่ทราบความยาวพิตช์แล้วต้องการหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง

กลางก็ทำได้โดยใช้สมการ

$$C = p + \sqrt{p^2 - q} \quad (2.6)$$

โดยที่ $p = 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p)$

$$q = 0.125(D_p - d_p)^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.3 การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้นในสายพาน

การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้นจะช่วยทำให้การขับเคลื่อนด้วยสายพานมีประสิทธิภาพดี และยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงดึงขึ้นต้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำลง ทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลงเนื่องจากการสลิป แต่ถ้าออกแรงดึงขึ้นต้นมากเกินไปจะทำให้ขอบสายพานยืดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก แบริ่งที่รองรับล้อสายพานจะรับแรงมากเกินไป ด้วยเหตุนี้เองจึงต้องออกแรงดึงขึ้นต้นให้ เหมาะสมกับแรงภายนอกที่กระทำกับสายพาน

จากสมการ $F = F_1 - F_2$ แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลังคือ

$$F = F_1 - F_2 = \frac{W_p}{v}$$

ให้แรงดึงในแนวแกน

$$F_w = F_1 + F_2 = F \frac{(e^{\alpha r} + 1)}{(e^{\alpha r} - 1)}$$

แรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักสายพาน

$$F_c = \frac{wAv^2}{g}$$

แรงลัพธ์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง คือ

$$F_R = \frac{2zF_c \sin \alpha}{2}$$

โดยที่ z = จำนวนสายพาน

ดังนั้นแรงดึงขึ้นต้นในสายพานจึงหาได้จากการรวมแรงดึงในแนวแกนขณะส่งกำลัง กับแรงลัพธ์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง นั่นคือ

$$F_i = F_w + F_R \quad (2.7)$$

ในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_w = \frac{k_1 F \sin \alpha}{2} \quad (2.8)$$

โดยที่ k_1 เป็นตัวประกอบใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานซึ่งหาค่าได้จากตารางที่ 2.5 แล้วใช้แรงดึงนี้เป็นแรงดึงขึ้นต้น

ตารางที่ 2.5 ตัวประกอบใช้งาน

k_1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ในกรณีจับโดยมีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคองที่ หรือไม่มีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแรงดึงในสายพานตลอด เวลา ก็จำเป็นจะต้องนำเอาแรงหนีศูนย์กลางมาคิดด้วย จากสมการ

$$F_R = \frac{2zF_c \sin \alpha}{2}$$

$$= \frac{2z(wAV^2) \sin \alpha}{g \quad 2}$$

ซึ่งเขียนใหม่ได้เป็น

$$F_R = \frac{zk_2v^2 \sin \alpha}{2}$$

ค่า k_2 หาได้จากตารางที่ 6 ดังนั้นแรงดึงขั้นต่ำในสายพานจึงเท่ากับ

$$F_i = \frac{(k_1F + zk_2v^2) \sin \alpha}{2} \quad (2.9)$$

ตารางที่ 2.6 ค่าตัวประกอบ k_2

หน้าตัดสายพาน	k_2
Y	0.049
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332

3.4 การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ้ม

การคำนวณทางด้านการส่งกำลังโดยสายพานลิ้ม จะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อสายพาน d_p เป็นพื้นฐาน และในที่นี้จะแสดงวิธีการเลือกขนาดของสายพานลิ้ม ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เช่นเดียวกันในกรณีของสายพานแบน

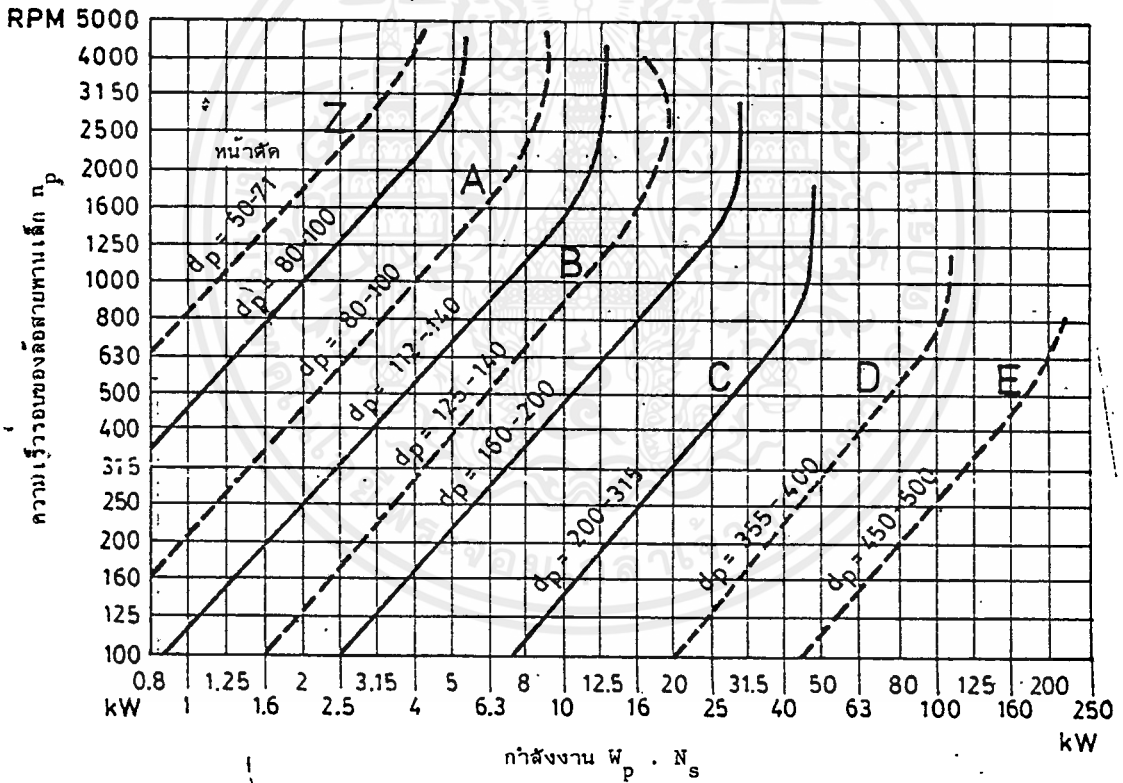
ในการเลือกขนาดของล้อสายพาน บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้เลือกขนาดของล้อสายพานให้โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดของล้อสายพานไม่ควรจะเล็กกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.3 แต่ข้อควรระวังก็คือ ระยะเวลาใช้งานปกติความเร็วของสายพานไม่ควรสูงกว่า 30 เมตร/วินาที

การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลิ้มสำหรับการส่งกำลัง อาจทำได้โดยใช้รูปที่ 2.8 แต่กำลังที่ส่งได้จริงของสายพานจะต้องตรวจสอบจากตารางกำหนดสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้ม ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

การเลือกขนาดของสายพานลิ้มจะแตกต่างไปจากสายพานแบนเล็กน้อยคือ จะใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานลิ้มที่ต้องการใช้งาน จากกำลังงานที่ต้องการจับ และตัวประกอบที่ใช้แก้ไขต่าง ๆ จำนวนเส้นของสายพานลิ้มหาได้จากสมการ

$$z = \frac{W_p \cdot N_s}{P_R \cdot N_s \cdot N_f} \tag{2.10}$$

- โดยที่
- z = จำนวนเส้นของสายพานลิ่ม
 - W_p = กำลังงานที่ต้องการส่ง
 - N_s = ตัวประกอบใช้งานหาค่าได้จากตารางที่ 7
 - N_f = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าได้จากตารางที่ 2.8
 - N_f = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน (Belt length correction factor) หาค่าได้จากตารางที่ 2.9 - 2.15
 - P_R = กำลังที่สายพานลิ่มหนึ่งเส้นส่งได้ หาค่าได้จากตารางที่ 2.9 - 2.15



รูปที่ 2.8 แผนภูมิที่ใช้เลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม

ตารางที่ 2.7 ตัวประกอบใช้งาน N_u สำหรับสายพานลิ้ม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ					
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10-16	> 16	≤ 16	10-16	> 16
ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ ที่ต้องการขับ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวกคือมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	มอเตอร์กระแสสลับ : high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring มอเตอร์กระแสตรง : series wound และ compound wound เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลามัน คลัตช์			มอเตอร์กระแสสลับ : high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring มอเตอร์กระแสตรง : series wound และ compound wound เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลามัน คลัตช์		
งานเบา : เครื่องกวาดของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัดลมและเครื่องถูกสูบแบบหอยโข่ง, พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kW, สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานปานกลาง : สายพานลำเลียงทรายหรือเมล็ดพืช, เครื่องผสมของชั้นเหนียว, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เพลามัน, เครื่องชักผ้า, เครื่องมีอกกล Punches Presses-shear, เครื่องพิมพ์, positive displacement rotary pumps, เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
งานหนัก : เครื่องทำอิฐ, bucket elevators, exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบลมแบบถูกสูบ, สายพานลำเลียง, hammer mills, paper mill beaters, positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่อง	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลื่อย และเครื่องจักรกลงานไม้, เครื่องทอผ้า						
งานหนัก พิเศษ : Crushers(Gyratory-Jaw-Roll), mills(Ball-Rod-Tube) รอกไฟฟ้า rubber calenders-extruders-mills	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

ตารางที่ 2.8 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_s สำหรับสายพานลิ่ม

$\frac{D_p - d_p}{C}$	ส่วนโค้งสัมผัส $\alpha =$	N_s
0	180	1
0.15	170	0.98
0.35	160	0.95
0.5	150	0.92
0.7	140	0.89
0.85	130	0.86
1.0	120	0.82
1.15	110	0.78
1.3	100	0.73
1.45	90	0.68

*ค่าที่อยู่ระหว่างค่าในตาราง อาจหาค่าได้โดยประมาณ โดยใช้การประมาณแบบเชิงเส้น

ตารางที่ 2.9 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “Y” ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว

$L_p = 319$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

d_p (mm)	m ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n_c (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	1600	2000	2400	2850	3200
สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)												
25	1.00	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12
	1.05	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13
	1.20	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14
	1.50	0.03	0.04	0.05	0.05	0.07	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14
	≥ 3.00	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.15
28	1.00	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16
	1.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16
	1.20	0.03	0.05	0.06	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17
	1.50	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18
	≥ 3.00	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.10	0.12	0.15	0.17	0.18
31.5	1.00	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.18	0.20
	1.05	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	0.16	0.19	0.20
	1.20	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.14	0.17	0.19	0.21
	1.50	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.15	0.17	0.20	0.22
	≥ 3.00	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.18	0.20	0.22
35.5	1.00	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.17	0.19	0.22	0.24
	1.05	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.17	0.20	0.23	0.25
	1.20	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.17	0.20	0.23	0.26
	1.50	0.04	0.07	0.08	0.09	0.12	0.14	0.15	0.18	0.21	0.24	0.26
	≥ 3.00	0.05	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27
40	1.00	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.20	0.23	0.27	0.29
	1.05	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23	0.27	0.30
	1.20	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.17	0.21	0.24	0.28	0.31
	1.50	0.05	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.17	0.21	0.25	0.28	0.31
	≥ 3.00	0.05	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.18	0.21	0.25	0.29	0.32
45	1.00	0.06	0.10	0.11	0.12	0.15	0.18	0.19	0.24	0.27	0.32	0.35
	1.05	0.06	0.10	0.11	0.13	0.15	0.18	0.20	0.24	0.28	0.32	0.35
	1.20	0.06	0.10	0.11	0.13	0.16	0.18	0.20	0.24	0.28	0.33	0.36
	1.50	0.06	0.10	0.11	0.13	0.16	0.19	0.20	0.25	0.29	0.33	0.37
	≥ 3.00	0.06	0.10	0.11	0.13	0.16	0.19	0.21	0.25	0.29	0.34	0.37
50	1.00	0.07	0.11	0.12	0.14	0.17	0.21	0.22	0.27	0.32	0.36	0.40
	1.05	0.07	0.11	0.12	0.14	0.18	0.21	0.23	0.27	0.32	0.37	0.40
	1.20	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23	0.28	0.33	0.38	0.41
	1.50	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23	0.28	0.33	0.38	0.42
	≥ 3.00	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.22	0.24	0.29	0.33	0.39	0.42

ตัวประกอบแก้ไขสายพาน N_1

L_p	284	299	319	354	358	377	419	444	469	519	559	869
N_1	0.97	0.98	1.00	1.02	1.03	1.04	1.06	1.07	1.08	1.11	1.13	1.25

ความยาวพิศที่มีใช้ $L_p = L_i + 15$ mm

L_i	250	265	270	280	300	335	339	400	425	450	500	540
	600	850										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "Z" ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว

$L_p = 824 \text{ mm}$ และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

d P_R (mm)	n (rpm)	ความเร็วรอบของสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	2000	2400	2850	3200	3600
สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)												
50	1.00	0.13	0.20	0.22	0.25	0.30	0.35	0.44	0.50	0.56	0.60	0.65
	1.05	0.13	0.21	0.23	0.26	0.31	0.36	0.46	0.52	0.59	0.63	0.68
	1.20	0.14	0.22	0.24	0.28	0.34	0.39	0.49	0.56	0.64	0.69	0.74
	1.50	0.15	0.23	0.26	0.29	0.35	0.41	0.52	0.60	0.68	0.73	0.79
	≥ 3.00	0.15	0.24	0.26	0.30	0.36	0.42	0.54	0.62	0.71	0.77	0.83
56	1.00	0.16	0.25	0.28	0.33	0.39	0.45	0.58	0.66	0.75	0.81	0.87
	1.05	0.17	0.26	0.29	0.33	0.40	0.47	0.60	0.68	0.77	0.84	0.90
	1.20	0.17	0.27	0.31	0.35	0.42	0.49	0.63	0.73	0.82	0.89	0.97
	1.50	0.18	0.28	0.32	0.36	0.44	0.51	0.66	0.76	0.86	0.94	1.02
	≥ 3.00	0.18	0.29	0.32	0.37	0.45	0.53	0.68	0.78	0.89	0.97	1.05
63	1.00	0.20	0.32	0.35	0.41	0.49	0.57	0.74	0.84	0.96	1.04	1.12
	1.05	0.20	0.32	0.36	0.42	0.50	0.59	0.75	0.87	0.98	1.07	1.16
	1.20	0.21	0.34	0.38	0.43	0.52	0.61	0.79	0.91	1.03	1.12	1.22
	1.50	0.22	0.35	0.39	0.45	0.54	0.63	0.82	0.94	1.07	1.17	1.27
	≥ 3.00	0.22	0.35	0.39	0.46	0.55	0.65	0.84	0.97	1.10	1.20	1.31
71	1.00	0.24	0.39	0.43	0.50	0.61	0.71	0.91	1.05	1.19	1.30	1.40
	1.05	0.25	0.39	0.44	0.51	0.62	0.72	0.93	1.07	1.22	1.32	1.43
	1.20	0.25	0.41	0.45	0.52	0.64	0.75	0.97	1.12	1.27	1.38	1.50
	1.50	0.26	0.42	0.47	0.54	0.65	0.77	0.99	1.15	1.31	1.43	1.55
	≥ 3.00	0.26	0.42	0.47	0.55	0.67	0.78	1.01	1.17	1.34	1.46	1.58
80	1.00	0.29	0.46	0.52	0.60	0.73	0.85	1.11	1.28	1.45	1.57	1.70
	1.05	0.29	0.47	0.53	0.61	0.74	0.87	1.13	1.30	1.48	1.60	1.73
	1.20	0.30	0.48	0.54	0.63	0.76	0.89	1.16	1.34	1.53	1.66	1.80
	1.50	0.30	0.49	0.55	0.64	0.78	0.91	1.19	1.37	1.57	1.70	1.85
	≥ 3.00	0.31	0.50	0.56	0.65	0.79	0.93	1.21	1.40	1.59	1.74	1.88
90	1.00	0.34	0.55	0.62	0.71	0.87	1.02	1.32	1.52	1.73	1.87	2.01
	1.05	0.34	0.56	0.62	0.72	0.88	1.03	1.34	1.54	1.75	1.90	2.05
	1.20	0.35	0.57	0.64	0.74	0.90	1.06	1.37	1.58	1.80	1.95	2.11
	1.50	0.36	0.58	0.65	0.75	0.92	1.08	1.40	1.62	1.84	2.00	2.16
	≥ 3.00	0.36	0.59	0.66	0.76	0.93	1.09	1.42	1.64	1.87	2.03	2.20
100	1.00	0.39	0.63	0.71	0.82	1.01	1.18	1.53	1.76	1.99	2.15	2.31
	1.05	0.39	0.64	0.72	0.83	1.02	1.19	1.55	1.78	2.01	2.18	2.34
	1.20	0.40	0.65	0.73	0.85	1.04	1.22	1.58	1.82	2.06	2.23	2.40
	1.50	0.41	0.66	0.74	0.86	1.05	1.24	1.61	1.85	2.10	2.28	2.45
	≥ 3.00	0.41	0.67	0.75	0.87	1.07	1.25	1.63	1.88	2.13	2.31	2.49

ตัวประกอบแก้ไขสายพาน N_1

L_p	424	449	474	494	524	554	584	624	654	704	734	824
N_1	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.99	1.00
L_p	924	1024	1144	1274	1424	1624						
N_1	1.03	1.06	1.08	1.11	1.14	1.17						

ความยาวพิชช์ที่มีใช้ $L_p = J + 22 \text{ mm}$

L_i	375	380	400	425	450	475	500	520	530	560	575	600
	630	670	710	730	750	775	800	820	850	875	900	950
	980	1000	1060	1105	1120	1170	1180	1230	1250	1300	1320	1400
	1450	1500	1525	1580	1600	1680	1700	1730	1800	1830	1900	2000
	2080	2240	2480									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด "A" ต่อเส้น P_r (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว

$L_n = 1732$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

D (mm)	D ₁ (mm)	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	1800	2400	2850	3200	3600
สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_r (kW)												
71	1.00	0.29	0.45	0.50	0.56	0.67	0.76	0.88	1.05	1.16	1.22	1.28
	1.05	0.30	0.46	0.51	0.59	0.69	0.80	0.92	1.11	1.22	1.30	1.36
	1.20	0.32	0.50	0.55	0.63	0.75	0.86	1.00	1.22	1.35	1.44	1.52
	1.50	0.33	0.52	0.58	0.66	0.79	0.91	1.07	1.30	1.45	1.55	1.65
	≥3.00	0.34	0.54	0.60	0.69	0.82	0.95	1.11	1.37	1.53	1.64	1.74
80	1.00	0.37	0.59	0.65	0.74	0.89	1.02	1.20	1.45	1.61	1.71	1.81
	1.05	0.38	0.60	0.67	0.77	0.92	1.06	1.24	1.51	1.68	1.79	1.89
	1.20	0.40	0.63	0.71	0.81	0.97	1.12	1.32	1.62	1.81	1.93	2.05
	1.50	0.42	0.66	0.73	0.84	1.01	1.17	1.38	1.70	1.91	2.05	2.10
	≥3.00	0.43	0.68	0.75	0.87	1.04	1.21	1.43	1.76	1.98	2.13	2.27
90	1.00	0.47	0.74	0.82	0.94	1.13	1.31	1.54	1.88	2.10	2.24	2.36
	1.05	0.47	0.75	0.84	0.96	1.16	1.34	1.58	1.94	2.16	2.31	2.45
	1.20	0.49	0.78	0.87	1.01	1.21	1.41	1.66	2.05	2.29	2.45	2.61
	1.50	0.51	0.81	0.90	1.04	1.26	1.46	1.73	2.13	2.39	2.57	2.74
	≥3.00	0.52	0.83	0.92	1.06	1.29	1.50	1.77	2.19	2.47	2.65	2.83
100	1.00	0.56	0.88	0.99	1.14	1.37	1.59	1.88	2.30	2.56	2.73	2.88
	1.05	0.56	0.90	1.01	1.16	1.40	1.62	1.92	2.36	2.63	2.80	2.97
	1.20	0.58	0.93	1.04	1.20	1.45	1.69	2.00	2.46	2.76	2.95	3.13
	1.50	0.60	0.96	1.07	1.24	1.50	1.74	2.06	2.55	2.86	3.06	3.26
	≥3.00	0.61	0.98	1.09	1.26	1.53	1.78	2.11	2.61	2.93	3.14	3.35
112	1.00	0.66	1.06	1.19	1.37	1.65	1.92	2.27	2.78	3.09	3.29	3.46
	1.05	0.67	1.08	1.20	1.39	1.68	1.96	2.31	2.84	3.16	3.36	3.54
	1.20	0.69	1.11	1.24	1.43	1.74	2.02	2.39	2.95	3.29	3.51	3.70
	1.50	0.70	1.13	1.27	1.47	1.78	2.07	2.46	3.03	3.39	3.62	3.83
	≥3.00	0.71	1.15	1.29	1.49	1.81	2.11	2.50	3.09	3.46	3.70	3.92
125	1.00	0.78	1.25	1.40	1.61	1.95	2.27	2.68	3.28	3.63	3.84	4.01
	1.05	0.79	1.27	1.42	1.64	1.98	2.31	2.73	3.34	3.70	3.92	4.09
	1.20	0.80	1.30	1.45	1.68	2.04	2.37	2.81	3.44	3.83	4.06	4.26
	1.50	0.82	1.32	1.48	1.71	2.08	2.42	2.87	3.53	3.93	4.18	4.39
	≥3.00	0.83	1.34	1.50	1.74	2.11	2.46	2.92	3.59	4.00	4.26	4.48
140	1.00	0.91	1.47	1.64	1.89	2.30	2.67	3.15	3.83	4.21	4.42	4.56
	1.05	0.92	1.48	1.66	1.92	2.32	2.70	3.19	3.88	4.27	4.49	4.64
	1.20	0.93	1.51	1.69	1.96	2.38	2.77	3.27	3.99	4.40	4.64	4.80
	1.50	0.95	1.54	1.72	1.99	2.42	2.82	3.33	4.08	4.50	4.75	4.93
	≥3.00	0.96	1.56	1.74	2.02	2.45	2.86	3.38	4.14	4.58	4.83	5.02

ตัวประกอบแก้ไขสายพาน N_1

L_p	662	742	832	932	1032	1152	1282	1432	1632	1732	1832	2032
N_1	0.81	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.96	0.99	1.00	1.01	1.03
L_p	2272	2532	2832	3182	4032	5032						
N_1	1.06	1.09	1.11	1.13	1.20	1.25						

ความยาวพิศที่มีใช้ $L_p = L_1 + 30$ mm

L_i	483	535	560	580	600	630	655	670	690	710	730	750
	780	787	800	813	825	838	850	855	875	889	900	914
	925	950	965	975	1000	1016	1041	1060	1090	1105	1120	1143
	1168	1180	1200	1220	1250	1270	1300	1320	1346	1372	1400	1422
	1448	1475	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1651	1676	1700	1725
	1750	1780	1800	1854	1900	1980	2000	2030	2057	2083	2100	2120
	2150	2200	2240	2285	2360	2435	2475	2500	2650	2730	2800	2840
	3000	3050	3150	3250	3550	3650	4000					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "B" ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว

$L_p = 2282 \text{ mm}$ และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

D (mm)	m (mm)	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		700	800	950	1000	1200	1450	1800	2000	2400	2850	3200
สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)												
112	1.00	1.23	1.36	1.55	1.60	1.83	2.07	2.37	2.51	2.74	2.89	2.93
	1.05	1.27	1.41	1.60	1.66	1.90	2.16	2.48	2.63	2.88	3.06	3.12
	1.20	1.36	1.50	1.71	1.78	2.04	2.33	2.69	2.87	3.16	3.39	3.49
	1.50	1.42	1.58	1.80	1.87	2.15	2.46	2.85	3.05	3.38	3.65	3.78
	≥ 3.00	1.47	1.63	1.86	1.94	2.22	2.56	2.97	3.18	3.54	3.84	3.99
125	1.00	1.56	1.73	1.98	2.06	2.35	2.69	3.10	3.30	3.62	3.84	3.91
	1.05	1.60	1.78	2.03	2.11	2.42	2.77	3.20	3.41	3.76	4.01	4.10
	1.20	1.69	1.87	2.14	2.23	2.56	2.94	3.41	3.65	4.04	4.34	4.47
	1.50	1.75	1.95	2.23	2.32	2.67	3.08	3.58	3.83	4.26	4.60	4.76
	≥ 3.00	1.80	2.00	2.29	2.39	2.75	3.17	3.69	3.96	4.41	4.79	4.97
140	1.00	1.94	2.16	2.47	2.57	2.95	3.38	3.91	4.16	4.57	4.85	4.92
	1.05	1.98	2.20	2.52	2.63	3.02	3.47	4.01	4.28	4.71	5.02	5.11
	1.20	2.06	2.30	2.63	2.74	3.16	3.63	4.22	4.51	4.99	5.35	5.48
	1.50	2.13	2.37	2.72	2.83	3.27	3.77	4.39	4.70	5.21	5.61	5.78
	≥ 3.00	2.17	2.42	2.78	2.90	3.35	3.86	4.50	4.83	5.37	5.80	5.98
160	1.00	2.43	2.71	3.11	3.24	3.72	4.27	4.94	5.26	5.75	6.04	6.06
	1.05	2.47	2.76	3.16	3.29	3.79	4.36	5.04	5.37	5.89	6.21	6.25
	1.20	2.55	2.85	3.27	3.41	3.93	4.53	5.25	5.61	6.17	6.54	6.62
	1.50	2.62	2.92	3.36	3.50	4.04	4.66	5.42	5.79	6.39	6.80	6.91
	≥ 3.00	2.66	2.98	3.42	3.57	4.12	4.76	5.54	5.92	6.55	6.99	7.12
180	1.00	2.92	3.25	3.73	3.89	4.47	5.13	5.91	6.28	6.80	7.04	6.93
	1.05	2.96	3.30	3.79	3.95	4.54	5.22	6.02	6.39	6.94	7.21	7.12
	1.20	3.04	3.39	3.90	4.06	4.68	5.39	6.23	6.63	7.22	7.54	7.49
	1.50	3.10	3.47	3.99	4.16	4.79	5.52	6.39	6.81	7.44	7.80	7.78
	≥ 3.00	3.15	3.52	4.05	4.22	4.87	5.62	6.51	6.94	7.60	7.99	7.99
200	1.00	3.39	3.79	4.35	4.53	5.20	5.96	6.83	7.21	7.73	7.82	7.50
	1.05	3.44	3.83	4.40	4.59	5.27	6.04	6.93	7.33	7.87	7.99	7.69
	1.20	3.52	3.93	4.51	4.70	5.41	6.21	7.14	7.57	8.15	8.32	8.06
	1.50	3.58	4.00	4.60	4.79	5.52	6.35	7.31	7.75	8.37	8.58	8.36
	≥ 3.00	3.63	4.05	4.66	4.86	5.60	6.44	7.43	7.88	8.52	8.77	8.56
224	1.00	3.96	4.41	5.06	5.27	6.05	6.90	7.84	8.23	8.64		
	1.05	4.00	4.46	5.12	5.33	6.12	6.98	7.94	8.35	8.79		
	1.20	4.08	4.55	5.23	5.45	6.26	7.15	8.15	8.58	9.07		
	1.50	4.14	4.63	5.32	5.54	6.37	7.29	8.32	8.76	9.29		
	≥ 3.00	4.19	4.68	5.38	5.60	6.45	7.38	8.44	8.89	9.44		

ตัวประกอบแก้ไขสายพาน N_1

L_p	942	1042	1142	1292	1442	1642	1842	2042	2282	2592	2842	3192
N_1	0.81	0.84	0.86	0.88	0.90	0.93	0.95	0.98	1.00	1.03	1.05	1.07
L_p	3592	4042	4542	5042	5642	6342						
N_1	1.10	1.13	1.15	1.18	1.20	1.23						

ความยาวพิชท์ที่มีใช้ $L_n = L_1 + 43 \text{ mm}$

L_1	615	650	670	710	725	750	762	775	800	825	838	850
	875	889	900	925	950	965	975	990	1000	1017	1030	1050
	1060	1075	1090	1120	1150	1175	1180	1200	1215	1225	1250	1300
	1320	1350	1372	1400	1422	1450	1500	1525	1550	1575	1600	1625
	1650	1676	1700	1725	1750	1761	1800	1850	1900	1950	1981	2000
	2030	2060	2083	2108	2120	2160	2200	2240	2286	2300	2360	2400
	2450	2465	2500	2540	2650	2667	2700	2800	2840	2950	3000	3050
	3150	3250	3350	3450	3550	3658	3750	4000	4200	4250	4394	4500
	4572	4750	5000	5300	5600	6000	6300	6700	7000	7100		

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท อีเกส จำกัด ขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและข้อมูลอื่น ๆ ที่ปรากฏในเอกสารนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "C" ต่อเส้น P_r (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว

$L_n = 3811$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

d_p (mm)	n (rpm)	ความเร็วยอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		700	800	950	1000	1100	1200	1300	1450	1800	2000	2400
สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_r (kW)												
180	1.00	3.65	4.04	4.57	4.73	5.05	5.34	5.62	5.99	6.64	6.87	6.99
	1.05	3.76	4.16	4.71	4.88	5.22	5.53	5.81	6.20	6.91	7.17	7.35
	1.20	3.97	4.39	4.99	5.18	5.54	5.88	6.20	6.63	7.44	7.76	8.06
	1.50	4.13	4.58	5.21	5.41	5.80	6.16	6.50	6.97	7.86	8.23	8.62
	≥ 3.00	4.25	4.71	5.37	5.58	5.98	6.36	6.72	7.21	8.16	8.56	9.02
200	1.00	4.50	4.98	5.65	5.86	6.27	6.64	6.99	7.45	8.27	8.55	8.67
	1.05	4.60	5.10	5.80	6.01	6.43	6.82	7.18	7.67	8.54	8.86	9.03
	1.20	4.81	5.34	6.08	6.31	6.76	7.18	7.57	8.10	9.08	9.45	9.74
	1.50	4.98	5.52	6.30	6.54	7.01	7.46	7.87	8.44	9.50	9.92	10.30
	≥ 3.00	5.09	5.66	6.46	6.71	7.20	7.66	8.09	8.68	9.80	10.25	10.70
224	1.00	5.49	6.09	6.92	7.18	7.68	8.14	8.57	9.13	10.09	10.38	10.36
	1.05	5.60	6.21	7.07	7.34	7.85	8.32	8.76	9.35	10.36	10.68	10.72
	1.20	5.81	6.45	7.35	7.63	8.17	8.68	9.15	9.78	10.89	11.28	11.43
	1.50	5.97	6.64	7.57	7.87	8.43	8.96	9.45	10.12	11.31	11.75	11.99
	≥ 3.00	6.09	6.77	7.73	8.03	8.61	9.16	9.67	10.36	11.61	12.08	12.39
250	1.00	6.55	7.27	8.26	8.57	9.16	9.70	10.19	10.84	11.86	12.10	11.76
	1.05	6.66	7.39	8.41	8.72	9.32	9.88	10.39	11.06	12.13	12.41	12.12
	1.20	6.86	7.62	8.69	9.02	9.65	10.24	10.77	11.49	12.66	13.00	12.83
	1.50	7.03	7.81	8.91	9.25	9.91	10.52	11.08	11.82	13.08	13.47	13.39
	≥ 3.00	7.14	7.94	9.07	9.42	10.09	10.72	11.29	12.07	13.38	13.80	13.79
280	1.00	7.74	8.59	9.75	10.11	10.79	11.40	11.96	12.65	13.63	13.72	
	1.05	7.85	8.71	9.90	10.26	10.96	11.59	12.15	12.87	13.90	14.02	
	1.20	8.06	8.95	10.18	10.56	11.28	11.94	12.54	13.30	14.43	14.62	
	1.50	8.22	9.13	10.40	10.79	11.54	12.22	12.84	13.64	14.85	15.08	
	≥ 3.00	8.34	9.27	10.56	10.96	11.72	12.42	13.06	13.88	15.15	15.42	
315	1.00	9.10	10.08	11.42	11.83	12.58	13.26	13.85	14.55	15.29	15.06	
	1.05	9.21	10.20	11.56	11.98	12.75	13.44	14.04	14.77	15.56	15.37	
	1.20	9.41	10.44	11.84	12.27	13.08	13.80	14.43	15.20	16.09	15.96	
	1.50	9.58	10.63	12.06	12.51	13.33	14.08	14.73	15.54	16.51	16.43	
	≥ 3.00	9.69	10.76	12.22	12.67	13.52	14.28	14.95	15.78	16.81	16.76	
355	1.00	10.60	11.72	13.22	13.67	14.48	15.19	15.77	16.40	16.59		
	1.05	10.70	11.84	13.36	13.82	14.65	15.37	15.97	16.62	16.87		
	1.20	10.91	12.07	13.64	14.11	14.97	15.72	16.35	17.05	17.40		
	1.50	11.08	12.26	13.86	14.35	15.23	16.00	16.66	17.39	17.82		
	≥ 3.00	11.19	12.39	14.02	14.51	15.42	16.20	16.87	17.63	18.12		

ตัวประกอบแก้ไขสายพาน N_1

L_p	1461	1661	1861	2061	2301	2561	2861	3211	3611	3811	4061	4561
N_1	0.91	0.84	0.85	0.88	0.91	0.93	0.95	0.97	0.98	1.00	1.02	1.04
L_p	5061	5661	6361	7161	8061	10061						
N_1	1.07	1.09	1.12	1.15	1.18	1.23						

ความยาวพิชช์ที่ใช้ $L_p = L_1 + 52$ mm

L_1	1000	1090	1180	1210	1250	1295	1320	1400	1500	1524	1600	1700
	1727	1800	1900	2000	2057	2159	2286	2360	2450	2500	2560	2670
	2685	2800	2840	2965	3000	3050	3150	3250	3350	3454	3550	3658
	3750	4000	4020	4115	4390	4500	4572	5000	5300	5600	6000	6300
	6700	7100	7500	7650	8000	8500						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.14 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "D" ต่อเส้น P_r (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว

$L_p = 6380$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

ขนาด (mm)	m	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	450	500	550	600	700	800	950	1000	1100	1200
315	1.00	8.22	8.99	9.72	10.41	11.07	12.27	13.34	14.66	15.02	15.61	16.03
	1.05	8.45	9.24	10.00	10.72	11.40	12.67	13.79	15.19	15.58	16.23	16.70
	1.20	8.89	9.73	10.54	11.32	12.06	13.44	14.67	16.23	16.68	17.43	18.02
	1.50	9.24	10.13	10.98	11.80	12.58	14.05	15.36	17.06	17.55	18.39	19.06
	≥3.00	9.48	10.40	11.29	12.14	12.95	14.48	15.86	17.65	18.16	19.07	19.80
355	1.00	10.32	11.31	12.24	13.14	13.99	15.55	16.92	18.60	19.05	19.78	20.27
	1.05	10.55	11.56	12.52	13.45	14.32	15.94	17.37	19.13	19.61	20.40	20.95
	1.20	10.99	12.05	13.07	14.05	14.98	16.71	18.25	20.17	20.71	21.61	22.27
	1.50	11.34	12.44	13.51	14.53	15.50	17.32	18.94	21.00	21.58	22.57	23.31
	≥3.00	11.58	12.72	13.82	14.87	15.87	17.75	19.44	21.59	22.20	23.24	24.05
400	1.00	12.64	13.86	15.02	16.13	17.17	19.09	20.75	22.73	23.24	24.03	24.49
	1.05	12.87	14.11	15.30	16.43	17.51	19.48	21.20	23.26	23.80	24.65	25.16
	1.20	13.30	14.61	15.85	17.04	18.17	20.25	22.08	24.31	24.90	25.86	26.48
	1.50	13.65	15.00	16.29	17.52	18.69	20.86	22.77	25.13	25.77	26.82	27.53
	≥3.00	13.90	15.27	16.59	17.86	19.06	21.29	23.27	25.72	26.39	27.49	28.27
450	1.00	15.16	16.63	18.02	19.34	20.59	22.84	24.75	26.92	27.44	28.16	28.41
	1.05	15.39	16.88	18.30	19.65	20.92	23.23	25.20	27.45	28.00	28.77	29.08
	1.20	15.83	17.37	18.85	20.25	21.58	24.00	26.07	28.49	29.10	29.98	30.40
	1.50	16.17	17.77	19.29	20.73	22.10	24.61	26.77	29.32	29.97	30.94	31.45
	≥3.00	16.42	18.04	19.59	21.07	22.47	25.04	27.26	29.91	30.58	31.62	32.19
500	1.00	17.63	19.32	20.93	22.44	23.86	26.38	28.46	30.64	31.10	31.59	31.45
	1.05	17.85	19.58	21.21	22.75	24.20	26.77	28.90	31.18	31.66	32.20	32.12
	1.20	18.29	20.07	21.76	23.36	24.86	27.54	29.78	32.22	32.76	33.41	33.44
	1.50	18.64	20.46	22.20	23.84	25.38	28.15	30.48	33.05	33.63	34.37	34.48
	≥3.00	18.89	20.74	22.50	24.18	25.75	28.58	30.97	33.63	34.25	35.05	35.22
560	1.00	20.51	22.46	24.30	26.01	27.59	30.34	32.49	34.45	34.74	34.70	
	1.05	20.73	22.72	24.58	26.32	27.93	30.74	32.94	34.99	35.30	35.32	
	1.20	21.17	23.21	25.13	26.92	28.59	31.51	33.82	36.03	36.40	36.53	
	1.50	21.52	23.60	25.56	27.40	29.11	32.12	34.52	36.86	37.27	37.49	
	≥3.00	21.77	23.88	25.87	27.74	29.48	32.55	35.01	37.44	37.88	38.17	
630	1.00	23.77	25.99	28.05	29.94	31.67	34.54	36.59	37.90	37.82		
	1.05	23.99	26.24	28.33	30.25	32.00	34.93	37.03	38.43	38.38		
	1.20	24.43	26.73	28.88	30.86	32.66	35.70	37.91	39.48	39.48		
	1.50	24.78	27.12	29.31	31.34	33.18	36.31	38.61	40.30	40.35		
	≥3.00	25.03	27.40	29.62	31.68	33.55	36.74	39.10	40.89	40.97		

ตัวประกอบแก้ไขสายพาน N_1

L_p	3230	3630	4080	4580	5080	5680	6380	7180	7580	8080	8500	9080
N_1	0.86	0.89	0.91	0.93	0.96	0.98	1.00	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08
L_p	9580	10080	11280	12580	14080	16080						
N_1	1.10	1.11	1.14	1.17	1.20	1.22						

ความยาวพิศที่ใช้ $L_p = L_i + 75$ mm

L_i	2500	2650	2800	3000	3150	3250	3350	3550	3658	3750	4000	4500
	5000	5300	5330	5600	6000	6300	6700	7100	7500	8000	8500	9000
	9500	10000	11200	12500								

ตารางที่ 2.15 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "E" คอเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว

$L_p = 7184$ mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

ขนาด P (mm)	ความยาว L (mm)	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	950
สมรรถนะในการส่งกำลังคอเส้น P_R (kW)												
450	1.00	17.52	19.09	20.55	21.91	23.16	24.30	25.32	26.22	27.00	27.64	28.52
	1.05	17.95	19.57	21.09	22.50	23.81	25.00	26.08	27.03	27.86	28.56	29.55
	1.20	18.80	20.52	22.15	23.66	25.07	26.37	27.55	28.61	29.55	30.35	31.55
	1.50	19.46	21.27	22.98	24.58	26.07	27.45	28.72	29.86	30.88	31.77	33.13
	≥3.00	19.94	21.81	23.57	25.23	26.78	28.22	29.55	30.75	31.83	32.78	34.26
500	1.00	21.14	23.05	24.83	26.48	27.99	29.35	30.56	31.61	32.50	33.21	34.09
	1.05	21.57	23.54	25.37	27.07	28.63	30.05	31.31	32.42	33.36	34.13	35.11
	1.20	22.42	24.49	26.43	28.23	29.90	31.42	32.79	34.00	35.04	35.92	37.12
	1.50	23.08	25.24	27.26	29.15	30.90	32.50	33.96	35.25	36.38	37.34	38.70
	≥3.00	23.56	25.77	27.85	29.80	31.61	33.27	34.78	36.14	37.33	38.34	39.83
560	1.00	25.38	27.67	29.79	31.74	33.50	35.07	36.42	37.58	38.51	39.20	39.84
	1.05	25.81	28.15	30.33	32.33	34.15	35.77	37.19	38.39	39.37	40.12	40.86
	1.20	26.65	29.10	31.38	33.49	35.41	37.14	38.66	39.97	41.06	41.91	42.86
	1.50	27.32	29.85	32.22	34.41	36.41	38.22	39.83	41.22	42.39	43.33	44.45
	≥3.00	27.79	30.39	32.81	35.06	37.12	38.99	40.66	42.11	43.34	44.33	45.57
630	1.00	30.17	32.86	35.32	37.55	39.53	41.24	42.68	43.82	44.65	45.15	45.12
	1.05	30.60	33.34	35.86	38.14	40.17	41.94	43.43	44.62	45.51	46.07	46.14
	1.20	31.44	34.29	36.91	39.30	41.44	43.31	44.90	46.20	47.19	47.86	48.14
	1.50	32.11	35.04	37.75	40.22	42.44	44.39	46.07	47.46	48.53	49.28	49.73
	≥3.00	32.59	35.57	38.34	40.87	43.15	45.16	46.90	48.34	49.48	50.28	50.85
710	1.00	35.44	38.51	41.28	43.73	45.84	47.58	48.93	49.88	50.39	50.45	
	1.05	35.87	39.00	41.82	44.32	46.48	48.28	49.69	50.69	51.26	51.37	
	1.20	36.71	39.94	42.87	45.48	47.75	49.65	51.16	52.27	52.94	53.16	
	1.50	37.38	40.70	43.71	46.40	48.75	50.73	52.33	53.52	54.28	54.58	
	≥3.00	37.85	41.23	44.30	47.05	49.46	51.50	53.16	54.41	55.22	55.58	
800	1.00	41.09	44.50	47.50	50.05	52.14	53.72	54.75	55.22			
	1.05	41.52	44.98	48.04	50.65	52.78	54.42	55.51	56.03			
	1.20	42.36	45.93	49.09	51.81	54.05	55.78	56.98	57.61			
	1.50	43.03	46.68	49.92	52.72	55.05	56.87	58.15	58.86			
	≥3.00	43.50	47.22	50.52	53.37	55.76	57.64	58.98	59.75			
900	1.00	47.00	50.65	53.75	56.23	58.05	59.18					
	1.05	47.43	51.14	54.28	56.82	58.70	59.88					
	1.20	48.27	52.09	55.34	57.98	59.96	61.25					
	1.50	48.94	52.84	56.17	58.90	60.97	62.33					
	≥3.00	49.41	53.37	56.76	59.55	61.68	63.10					

ตัวประกอบแก้ไขสายพาน N_1

L_p	4834	5084	5384	5684	6084	6384	6784	7184	7585	8084	8584	9084
N_1	0.91	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03	1.05
L_p	9584	10084	11284	12584	14084	16084						
N_1	1.06	1.07	1.10	1.12	1.15	1.18						

ความยาวพิชช์ที่มีใช้ $L_p = L_i + 82$ mm

L_i	3000	3350	4000	5000	5600	6000	6300	7100	7500	8000	9000	10000
	11200	12500										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณ และการสร้าง Boom Sprayer

Boom Sprayer เป็นเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบใช้ความดันของของเหลว (Hydraulic sprayer) ชนิดแรงดันต่ำ (Low pressure sprayer) แรงดันที่ใช้มีค่าตั้งแต่ 2.75-6.90 บาร์ มีอัตราการใช้สารเคมีประมาณ 8-144 ลิตร/ไร่ เครื่องพ่นสารเคมีแบบนี้จะใช้ในการพ่นสารเคมีที่เป็นของเหลวเท่านั้น ซึ่งของเหลวจะอยู่ในรูปของของเหลว หรือสารเคมีผงละลายเป็นสารแขวนลอยก็ได้ ของเหลวจะเป็นตัวพาสารเคมีนั้นออกมาจากเครื่องพ่นสารเคมีในลักษณะของละออง เครื่องพ่นสารเคมีแบบนี้จะอาศัยต้นกำลังจากเครื่องสูบลม (Pump) ซึ่งเป็นตัวเพิ่มแรงดันให้กับของเหลวหรือน้ำยาสารเคมี ทำให้น้ำยาสารเคมีกระจายออกเป็นละอองเล็กๆ จากหัวฉีด (Nozzle) ขนาดของละอองน้ำยาสารเคมีนี้จะขึ้นอยู่กับแรงดันหรือความดัน (Pressure) ที่เกิดขึ้นจากเครื่องสูบลม (Pump)

ในการออกแบบเกี่ยวกับการใช้งาน Boom Sprayer นั้น ได้ออกแบบให้โครง Boom Sprayer นั้นสามารถที่จะต่อพ่วงกับท้ายรถแทรกเตอร์ขนาด 25-40 แรงม้า ได้ และใช้กำลังจาก PTO ไปขับ pump โดยผ่านเพลากำลังและ pulley ทดรอง

3.1 ข้อจำกัดการใช้งาน Boom Sprayer กับพืชชนิดต่าง ๆ

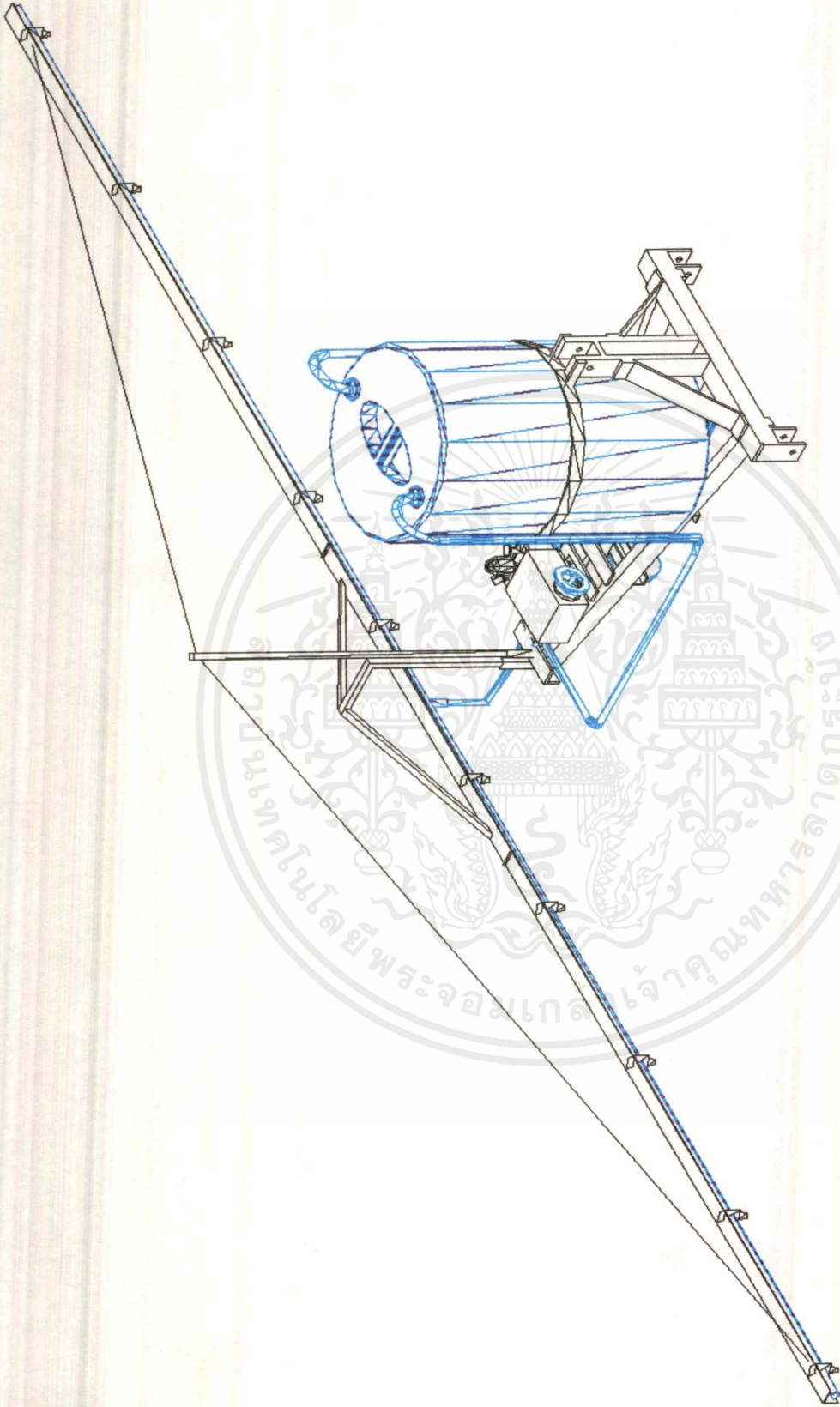
Boom Sprayer หรือ เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบแขนพ่น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางเกษตรกรรมได้หลายอย่าง เช่น นำไปฉีดพ่นสารเคมีเพื่อกำจัดแมลงหรือวัชพืช หรืออาจจะนำไปให้น้ำทางใบแก่พืชก็ได้ Boom Sprayer สามารถนำไปใช้ได้กับพืชได้หลายชนิด เช่น คะน้า ผักกาดขาว ผักกาดหอม กระหล่ำดอก หรืออาจจะใช้พ่นไร เช่น ข้าวโพด แต่การจะนำไปใช้กับพืชชนิดใดนั้นอาจจะมีข้อจำกัดการใช้อยู่บ้าง ดังนี้

- 1) พืชชนิดนั้นต้องมีความสูงไม่เกินความสูงของท้องรถแทรกเตอร์ที่ใช้ (ใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 25 HP มีความสูงท้องรถประมาณ 50 เซนติเมตร)
- 2) พืชชนิดนั้นต้องมีระยะห่างระหว่างแถว พอที่ล้อรถแทรกเตอร์สามารถวิ่งผ่านไป (ใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 25 HP มีหน้ากว้างล้อหลัง 30 เซนติเมตร)
- 3) พื้นที่ในการเพาะปลูกควรมีขนาดใหญ่พอสมควร เพื่อไม่ให้เสียเวลาในการเลี้ยวกลับ

3.2 ลักษณะของ Boom Sprayer ที่สร้างขึ้น

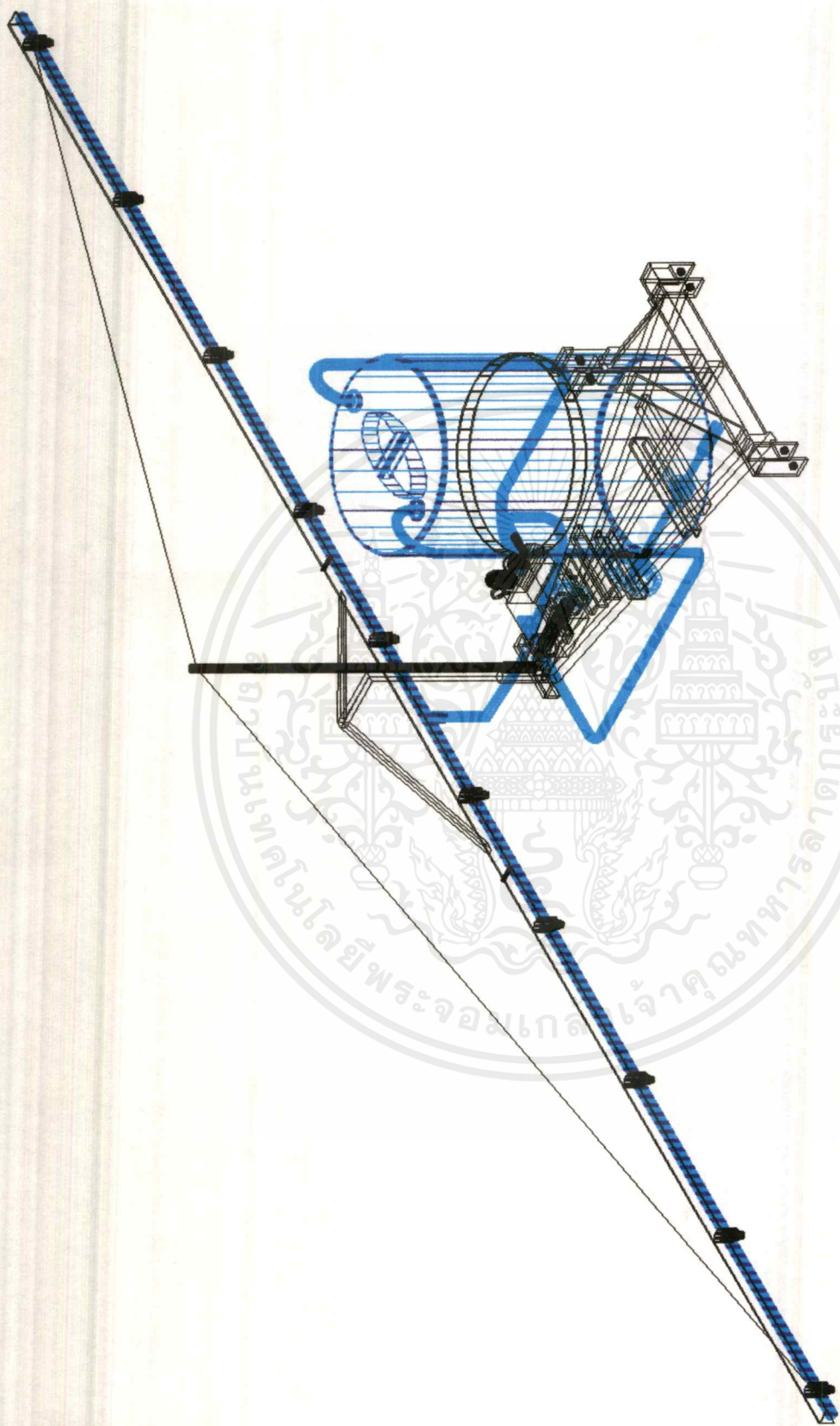
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ลักษณะของ Boom Sprayer ที่สร้างขึ้น



รูปที่ 3.1a แบบโครงสร้าง Boom Sprayer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1b แบบโครงสร้าง Boom Sprayer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 Boom Sprayer ที่สร้างขึ้น

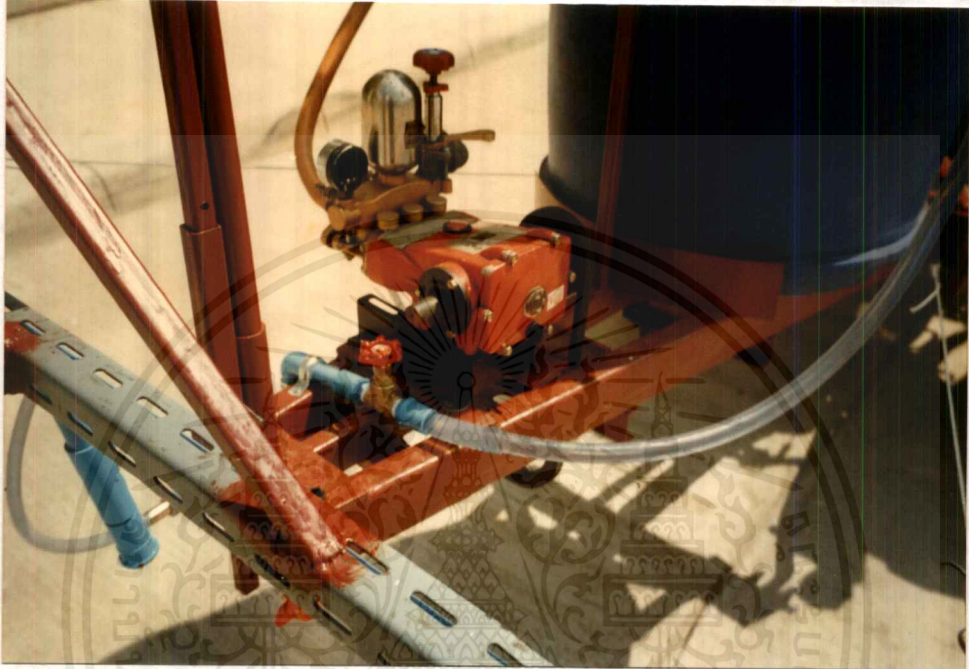
3.3 ส่วนประกอบของ Boom sprayer

- 1) ถังบรรจจุสารเคมี (Tank)
- 2) เครื่องสูบ (Pump)
- 3) หัวฉีด (Nozzle)
- 4) วาล์วปรับอัตราการไหล (Gate valve)
- 5) เกจวัดความดัน (Pressure gate)
- 6) ท่อและข้อต่อข้องอต่างๆ
- 7) แขนพ่น
- 8) โครงของ Boom Sprayer
- 9) ดันกำลังและระบบส่งกำลัง

3.4 ลักษณะ คุณสมบัติ และหน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆ

- 1) ถังบรรจจุสารเคมี การเลือกวัสดุที่จะนำมาทำถังบรรจจุสารเคมี ต้องใช้วัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี เช่น ถังอะลูมิเนียม ถังพลาสติก นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงลักษณะโครงสร้างและลักษณะรูปทรงของถังด้วย เนื่องจากมีผลต่อการติดตั้งกับโครง Boom Sprayer ด้วย ต้องเลือกถังที่มีน้ำหนักเบาแต่มีปริมาตรมาก ในการสร้าง Boom Sprayer นี้ใช้ถังพลาสติกทรงกระบอกมีปริมาตร 120 ลิตร

2) pump ทำหน้าที่สร้างอัตราการไหลของสารเคมีภายในระบบ Boom sprayer ต้องใช้ pump ที่สามารถสร้างความดันน้ำได้ตามที่ระบบต้องการ ปกติการฉีดพ่นสารเคมีระบบต้องการความดันสารเคมีที่สูงพอสมควร และต้องสูงมากกว่า head ของระบบ (System head = Friction loss + Static head) ในการสร้าง (Boom sprayer) นี้ ใช้ pump สามสูบซึ่งสามารถสร้างความดันของเหลวได้สูงประมาณ 12 - 35 บาร์ ที่ความเร็วรอบของ pump ประมาณ 810 - 1000 รอบ/นาที



รูปที่ 3.3 เครื่องสูบล (Pump)

- 2) nozzle เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี ซึ่งทำให้สารเคมีกระจายออกเป็นละอองเล็กๆ โดยปกติ nozzle จะทำหน้าที่สำคัญ 4 อย่าง คือ
- 3.1) เป็นตัวกำหนดปริมาณน้ำยาสารเคมี ปริมาณสารเคมีขึ้นอยู่กับชนิดของ nozzle ว่าสามารถฉีดพ่นสารเคมีได้ในอัตราเท่าใด ที่ความดันหนึ่ง ๆ
 - 3.2) พ่นน้ำยาสารเคมีให้เป็นละอองเล็กๆ ขนาดละอองสารเคมีขึ้นอยู่กับความดันที่ใช้ว่าสูงเพียงใด
 - 3.3) กระจายน้ำยาสารเคมีตามลักษณะเฉพาะ ลักษณะการฉีดพ่นขึ้นอยู่กับชนิดของ nozzle โดยปกติลักษณะฉีดพ่นจะฉีดพ่นออกเป็นรูวงกลม หรือรูปวงรี
 - 3.4) เป็นทางผ่านของละอองสารเคมี ออกไปสู่ใบพืช

ในการสร้าง Boom sprayer นี้เลือกใช้ nozzle แบบ S 4110-14 ORANGE มีอัตราการฉีดพ่น 0.74 ลิตร/นาที ที่ความดันสารเคมี 2 บาร์ ลักษณะการฉีดพ่นเป็นวงรี (Elliptical spray) มุมการฉีดพ่นเท่ากับ 110 องศา angle ระยะห่างระหว่าง nozzle 50-60 เซนติเมตร nozzle ใช้ในช่วงความดัน 1-10 บาร์ ความดันใช้งานประมาณ 1-5.5 บาร์

จาก catalogue ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรถ (กม./ชม.) ปริมาณการฉีดพ่น (ลิตร/เฮกแตร์) และความดันสารเคมีใช้งาน (บาร์) ไว้ในรูปตารางดังนี้

ความเร็ว	S 4110-14 ORANGE 0.74 ลิตร/นาที่ ที่ 2 บาร์ Ref. No. 371472						
	อัตราการฉีดพ่น						
	ลิตร/ไร่						
กม./ชม.	12.8	16.0	24.0	32.0	40	48	56
4.0				61.	2.5	3.7	5.0
5.0			1.4	2.5	4.0	5.7	7.8
6.0			2.1	3.7	5.7	8.2	
7.0		1.2	2.8	5.0	7.8		
8.0	1.0	1.6	3.7	6.5			
9.0	1.3	2.1	4.6	8.2			
10.0	1.6	2.5	5.7				

จากตารางเราสามารถเลือกใช้ความดันใช้งาน ที่ความเร็วรถและปริมาณการฉีดพ่นค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นแนวทางในการเลือกใช้งานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี ที่ได้นำ nozzle นี้ไปใช้งาน ตัวอย่างการใช้ตาราง nozzle

ถ้าต้องการปริมาณการฉีดพ่นสารเคมี 150 ลิตร/เฮกแตร์ ใช้ nozzle แบบ S 4110-14 และขับรถด้วยความเร็ว 6 กม./ชม. ควรใช้ความดันสารเคมีเท่ากับ 2.1 บาร์

นอกจากนี้ผู้ออกแบบ nozzle ได้ให้สูตรการเลือกใช้งาน nozzle เพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากตาราง nozzle ในกรณีที่ค่าที่ต้องการไม่ตรงกับตาราง ดังนี้

spray volume rate

$$\text{อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/เฮกแตร์)} = \frac{600 \times \text{อัตราการฉีดพ่นต่อหัวฉีด (ลิตร/นาที่)}}{\text{ระยะห่างหัวฉีด(เมตร) x ความเร็วรถ(กม./ชม.)}}$$

*** 1 เฮกแตร์ = 6.25 ไร่ ***

- 4) gate valve ทำหน้าที่ปรับอัตราการไหลของสารเคมีในระบบให้ได้ตามต้องการ gate valve นี้ จะทำควบคู่ไปกับ pressure regulator ที่ตัว pump ทำให้สารเคมีไหลออกสู่แขนพ่นอย่างสม่ำเสมอในอัตราที่ต้องการ และยังเป็นตัวที่ช่วยควบคุมความดันสารเคมีในระบบ ให้ได้ตามต้องการ อีกด้วย
- 5) pressure gate ทำหน้าที่แสดงความดันของสารเคมีในระบบขณะใช้งาน เพื่อที่ได้รู้ระดับความดันที่เกิดขึ้น
- 6) ท่อและข้อต่อ ข้อต่อต่างๆ ทำหน้าที่เป็นช่องทางไหลของสารเคมีไปสู่ nozzle ในระบบใช้ท่อ PVC ขนาด 1/2 นิ้ว
- 7) แขนพ่น เป็นที่ยึดติดของ nozzle การออกแบบขนาดของแขนพ่น ขึ้นอยู่กับหน้ากว้าง

การทำงานที่ต้องการและระยะห่างระหว่าง nozzle ที่ติดบนแขนพ่น ซึ่งระยะห่างนี้ขึ้นอยู่กับ

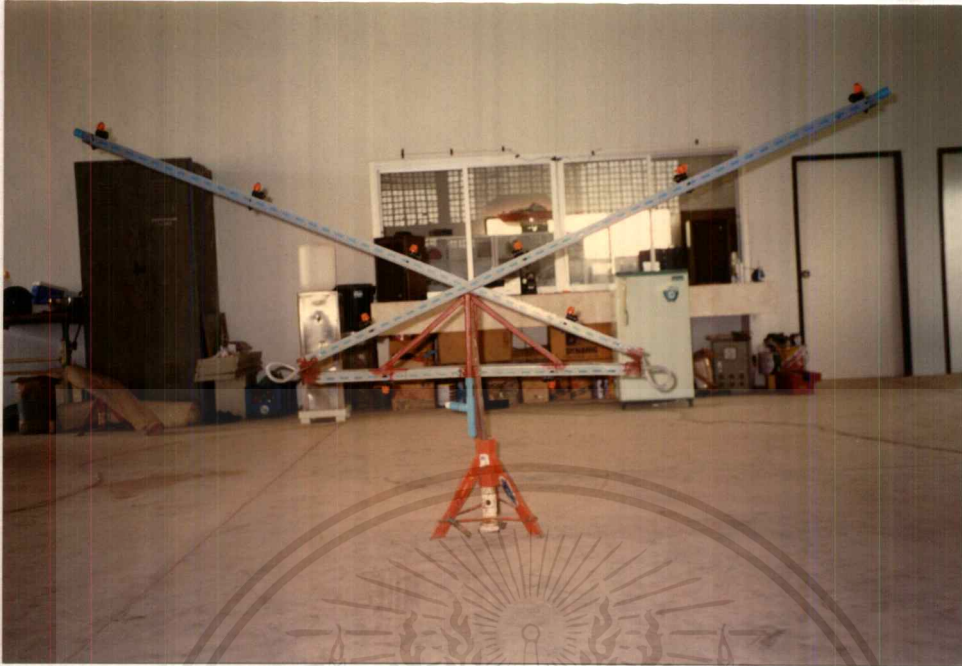
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับชนิดของ nozzle ในที่นี้ใช้ nozzle แบบ S 4110-14 ORANGE ระยะห่างหัวฉีดเท่ากับ 60 เซนติเมตร และความสูงในการฉีดพ่นประมาณ 40-50 ซม.



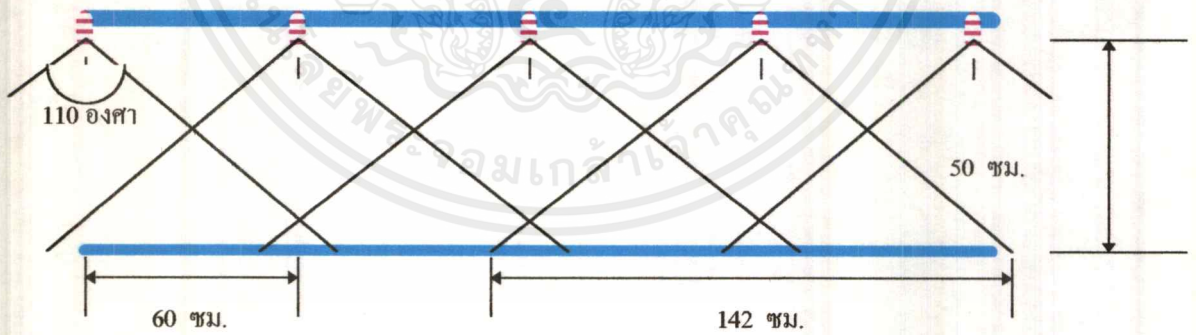
รูปที่ 3.4 แขนพ่น Boom sprayer

การปรับความสูงของแขนพ่น แขนพ่นสามารถปรับต่ำสุดได้ 60 ซม. และสูงสุด 100 ซม. จากระดับพื้นดิน ปรับความสูงโดยการเลื่อนขาตั้งของแขนพ่นขึ้นลง และใช้สลักเป็นตัวล็อก ปรับได้ครั้งละ 3 ซม.



รูปที่ 3.5 แขนพ่น Boom Sprayer

ลักษณะของการฉีดพ่นของ nozzle



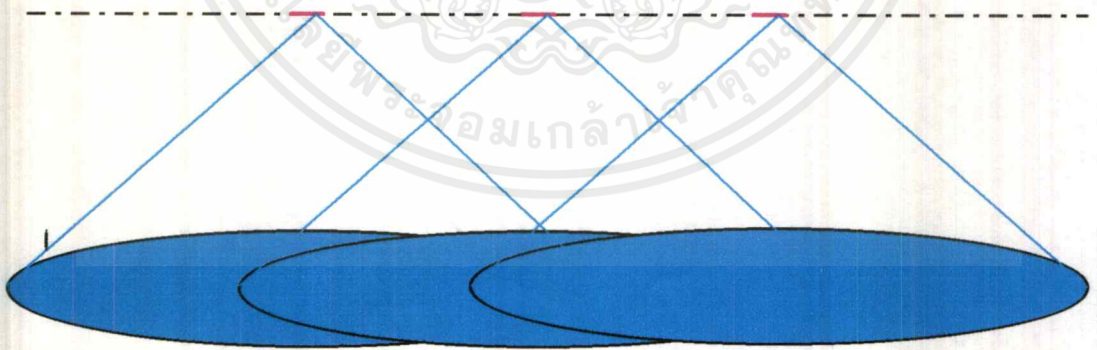
รูปที่ 3.6 ลักษณะการกระจายของละอองสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 การกระจายของละอองสารเคมีขณะทำการพ่น

nozzle แบบ S 4110-14 ORANGE มีลักษณะการฉีดพ่นของละอองสารเคมีออกเป็นรูปวงรี ซึ่งมีละอองสารเคมีกระจายของเต็มพื้นที่ มุมละอองสารเคมีกระจายออกกว้าง 110 องศา ดังนั้นจะได้พื้นที่การฉีดพ่นดังนี้

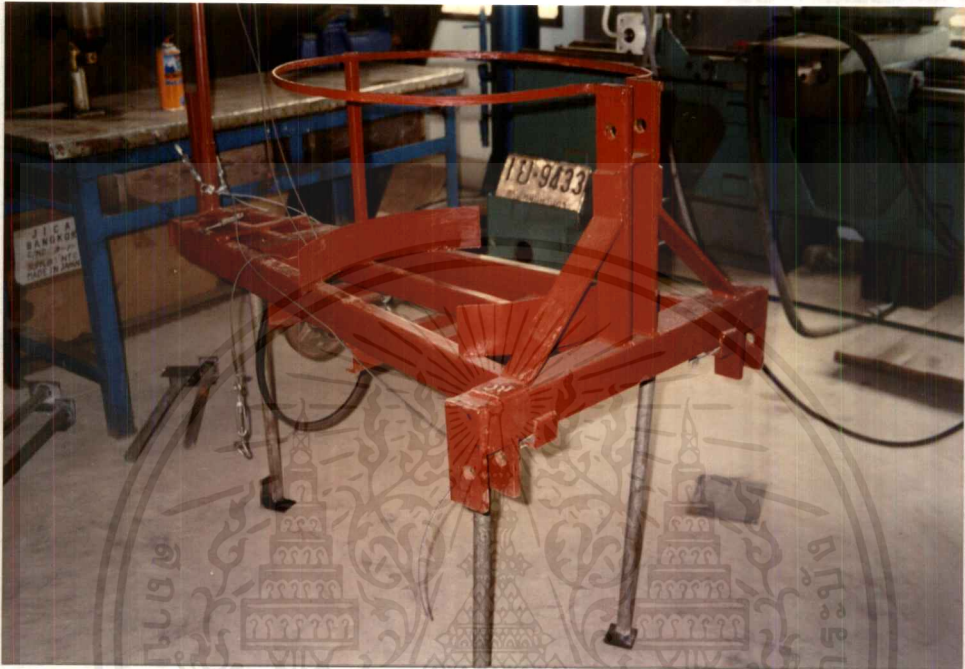


รูปที่ 3.8 การกระจายของละอองสารเคมีบนพื้น

จากรูปการกระจายของละอองสารเคมี จะเห็นว่าละอองสารเคมีของแต่ละหัวฉีดจะมีการซ้อนกันประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 8) โครง Boom Sprayer เป็นที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของ Boom Sprayer และเป็นส่วนที่ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ โดยจะมีจุดต่อพ่วง 3 จุด ดังแสดงในรูป

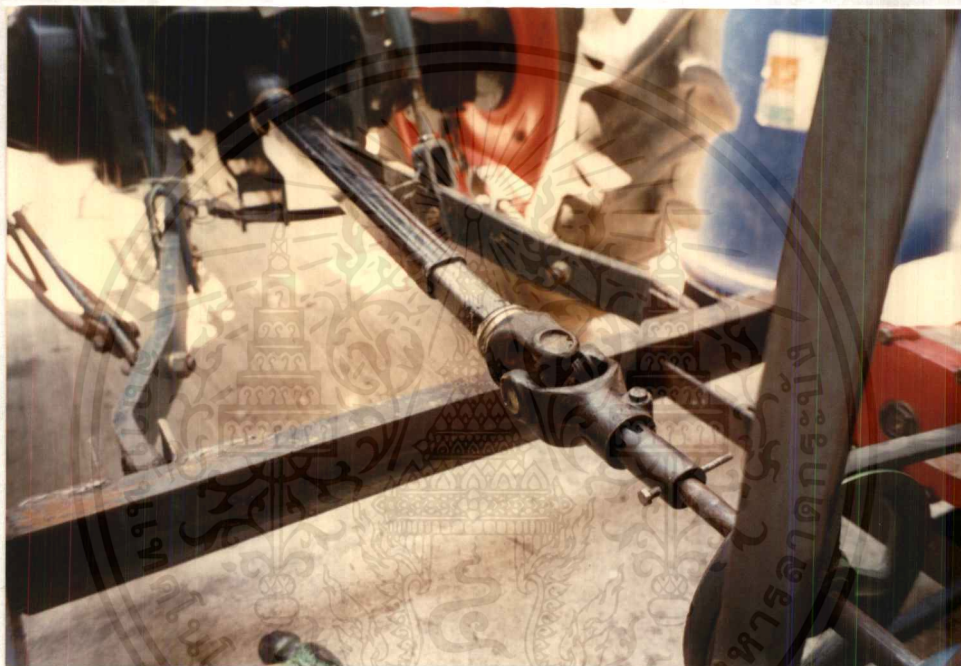


รูปที่ 3.9 แสดงจุดต่อพ่วง 3 จุด

9) ต้นกำลังของ Boom sprayer และระบบส่งกำลัง

ต้นกำลังของ Boom sprayer ใช้กำลังจากเพลา PTO ของรถแทรกเตอร์ ซึ่งเราใช้รถแทรกเตอร์ model KUBOTA D1102-AE-2 , engine gross power 18.7 kW (25 HP) , PTO power 14.9 kW (20 HP) และ PTO หมุนด้วยความเร็วรอบ 540 รอบ/นาที

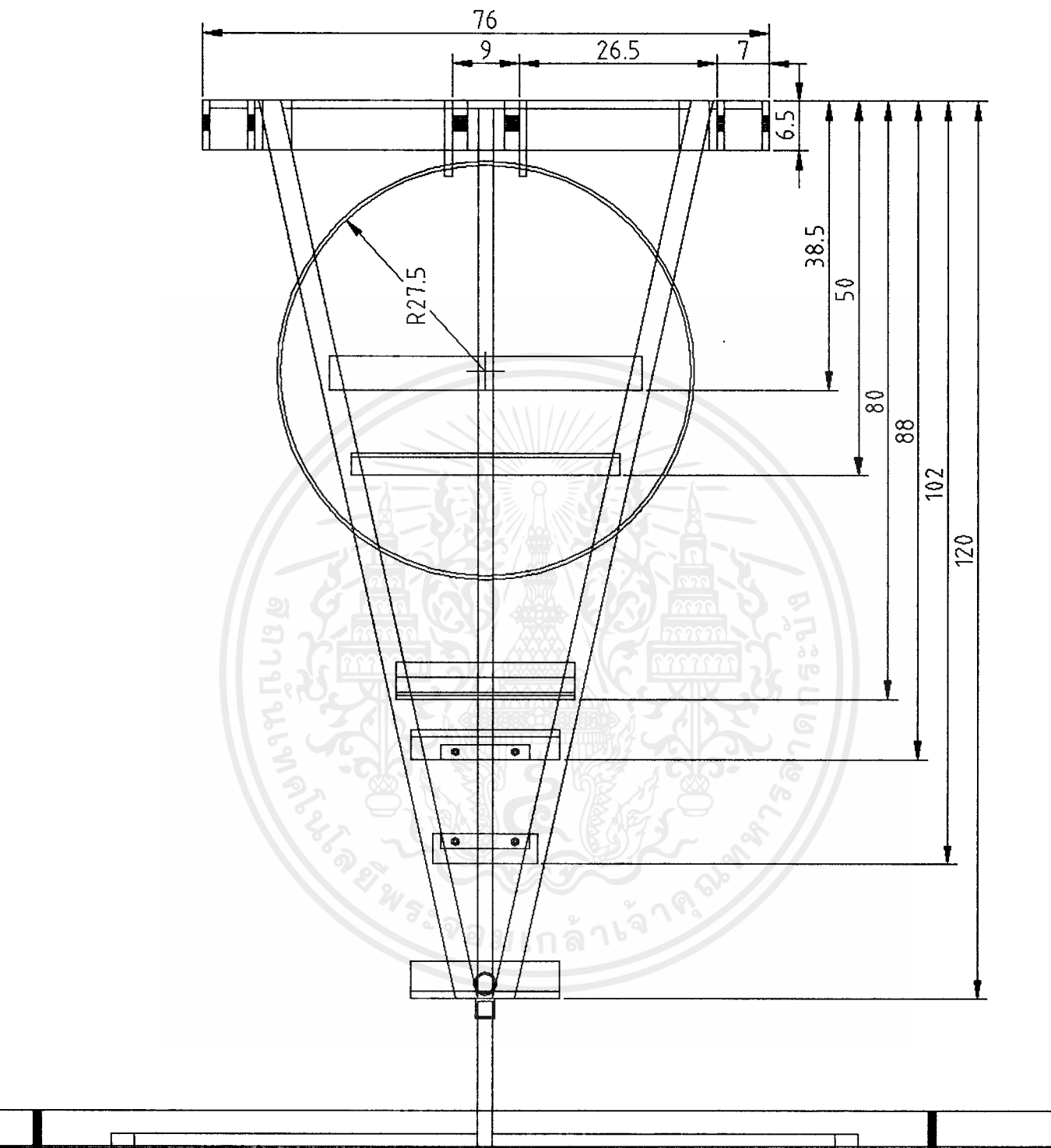
ระบบส่งกำลังใช้เพลา slide ต่อจากเพลา PTO ไปยังเพลาส่งกำลังใต้โครง Boom sprayer และเพลาส่งกำลังใต้โครง Boom sprayer นี้ จะส่งกำลังต่อไปยัง pump โดยใช้ pulley และสายพาน โดย pump ต้องหมุนด้วยความเร็วรอบ 800-1000 รอบ/นาที ในระบบที่ออกแบบไว้จะต้องใช้ความเร็วรอบใช้งานของ pump เท่ากับ 810 รอบ/นาที ดังนั้นจะต้องทำการทดรอบขึ้นโดยใช้ pulley เท่ากับ 1.5 เท่า



รูปที่ 3.9a เพลา Slide

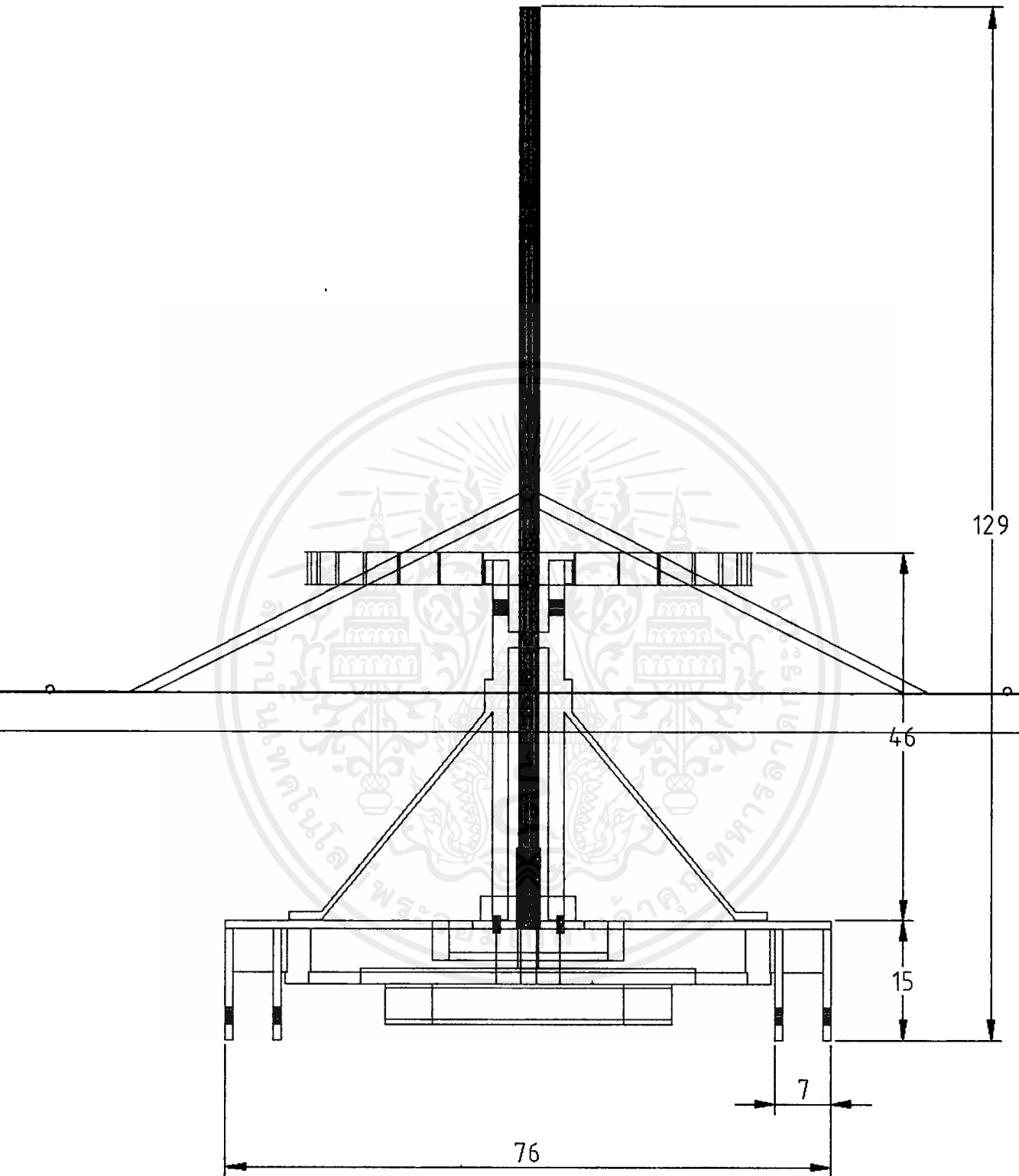
รูปที่ 3.9b เพลาส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



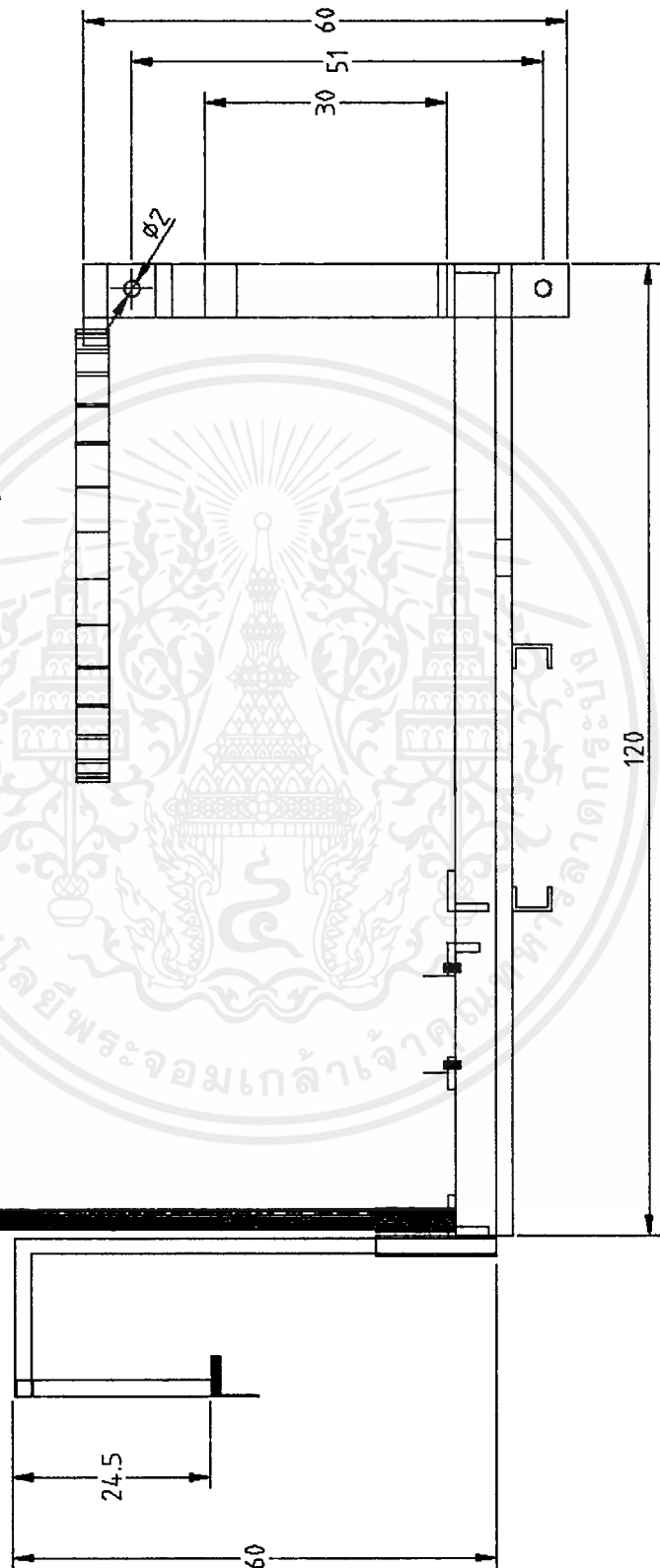
รูปที่ 3.10 Top View โครง Boom Sprayer (หน่วย เซนติเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 Front View โครง Boom Sprayer (หน่วย เซนติเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 Side View โครง Boom Sprayer (หน่วย เซนติเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบเพลาส่งกำลังและ Pulley ทดรอบ

กำลังที่ใช้ในการทำงานของ Boom sprayer จะถูกส่งผ่านจาก PTO มายังสปีดสาย เพลลา และเข้าสู่ผู้ม่และสายพาน ซึ่งจะส่งกำลังขับ pump ต่อไป

สายพานรูปตัววี

pump ที่เราใช้สามารถรับกำลังได้ 1 HP เราจะออกแบบสายพานและผู้ม่สำหรับส่งกำลังมายัง pump แต่เราต้องทดรอบให้มากขึ้น เนื่องจาก pump ต้องการรอบ 810 รอบ/นาที เพื่อให้ น้ำมีความดัน 5 บาร์ ดังนั้นการออกแบบ ต้องพิจารณา pump เป็นหลัก

กำหนด

- PTO 20 hp, pump 1 HP
- ความเร็วรอบ PTO 540 รอบ/นาที, ความเร็วรอบ pump 810 รอบ/นาที
- ชั่วโมงการทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน

วิธีทำ

พิจารณา สมมติให้ pump เป็นตัวส่งกำลัง จากนั้นก็ทำการคำนวณตามปกติ

1) หาขนาดหน้าตัดของสายพาน จากรูป 2.8

กำลังที่ต้องการส่ง $W_p = 0.75$ กิโลวัตต์

ตัวประกอบการใช้งาน $N_s = 1$

ดังนั้น $W_p \cdot N_s = 0.75(1) = 0.75$ กิโลวัตต์

จากรูป 2.8 เลือกสายพานหน้าตัด z

อัตราทด $m_w = n_1/n_2 = 810/540 = 1.5$ (เป็นการทดรอบลง)

เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก จากตาราง 2.3

ให้ $d_p = 100$ มม.

ดังนั้น $D_p = m_p \cdot d_p = 1.5(100) = 150$ มม.

ในการคำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางสายพาน บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้ใช้ค่าดังต่อไปนี้ คือ

$$C_{max} = 2(d_p + D_p) = 2(100 + 150) = 500 \text{ มม.}$$

$$C_{min} = 0.7(d_p + D_p) = 0.7(100 + 150) = 175 \text{ มม.}$$

ความยาวพิตช์โดยประมาณ จากสมการ 2.5

$$\begin{aligned} L_p &= 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \\ &= 2(400) + 1.57(150 + 100) + \frac{(150 - 100)^2}{4(400)} \\ &= 1194 \text{ มม.} \end{aligned}$$

จากตาราง 2.10 เลือกใช้สายพาน $L_p = 1252$ มม. ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ 2.3

$$C = p + \sqrt{p^2 - q}$$

$$\begin{aligned} p &= 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \\ &= 0.25(1252) - 0.393(150 + 100) = 214.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= 0.125(D_p - d_p)^2 \\ &= 0.125(150 - 100)^2 = 312.5 \end{aligned}$$

$$C = 214.75 - \sqrt{(214.75)^2 - 312.5} = 429 \text{ มม.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วน ไก่งอ้มคัส

$$\frac{D_p - d_p}{C} = 150 - 100 = 0.12$$

จากตาราง 2.8 ตัวประกอบแก้ไขความส่ายพาย

$$N_s = 0.98$$

จากตาราง 2.10 ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน

$$N_1 = 1.11$$

และสำหรับด้อยสายพานขนาด 100 มม. อัตราทด $m_w = 1.5$ และ $n = 810$ รอบ/นาที จากตาราง 2.10

$$P_R = 0.75 \text{ กิโลวัตต์/เส้น}$$

จากสมการ 2.10

$$z = \frac{W_p N_s}{P_R N_1 N_1}$$

ดังนั้นเลือกใช้สายพานรูปตัววีหน้าตัด A x 1230L จำนวนหนึ่งเส้น

จากสมการ 2.3 มุมสัมผัสของสายพาน

$$\begin{aligned} \alpha &= \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{D_p - d_p}{2C}\right) \\ &= \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{150 - 100}{2(429)}\right) \\ &= 173.3^\circ \end{aligned}$$

ความเร็วสายพาน $v = \pi d_p n = \pi(100/1000)(810/60) = 4.24$ เมตร/วินาที

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

$$F = \frac{W_p}{v} = \frac{0.75(100)}{4.24} = 176.9 \text{ นิวตัน}$$

จากตาราง 2.5 $k_1 = 2$

จากตาราง 2.6 $k_2 = 0.126$

$$\sin\alpha = 0.99$$

2

$$v^2 = 18$$

จากสมการ 2.9 แรงดึงขึ้นในสายพาน

$$\begin{aligned} F_i &= \frac{(k_1 F + z k_2 v^2) \sin\alpha}{2} \\ &= \frac{(2(176.9) + 2(0.126)(18))0.99}{2} \\ &= 354.75 \text{ นิวตัน} \end{aligned}$$

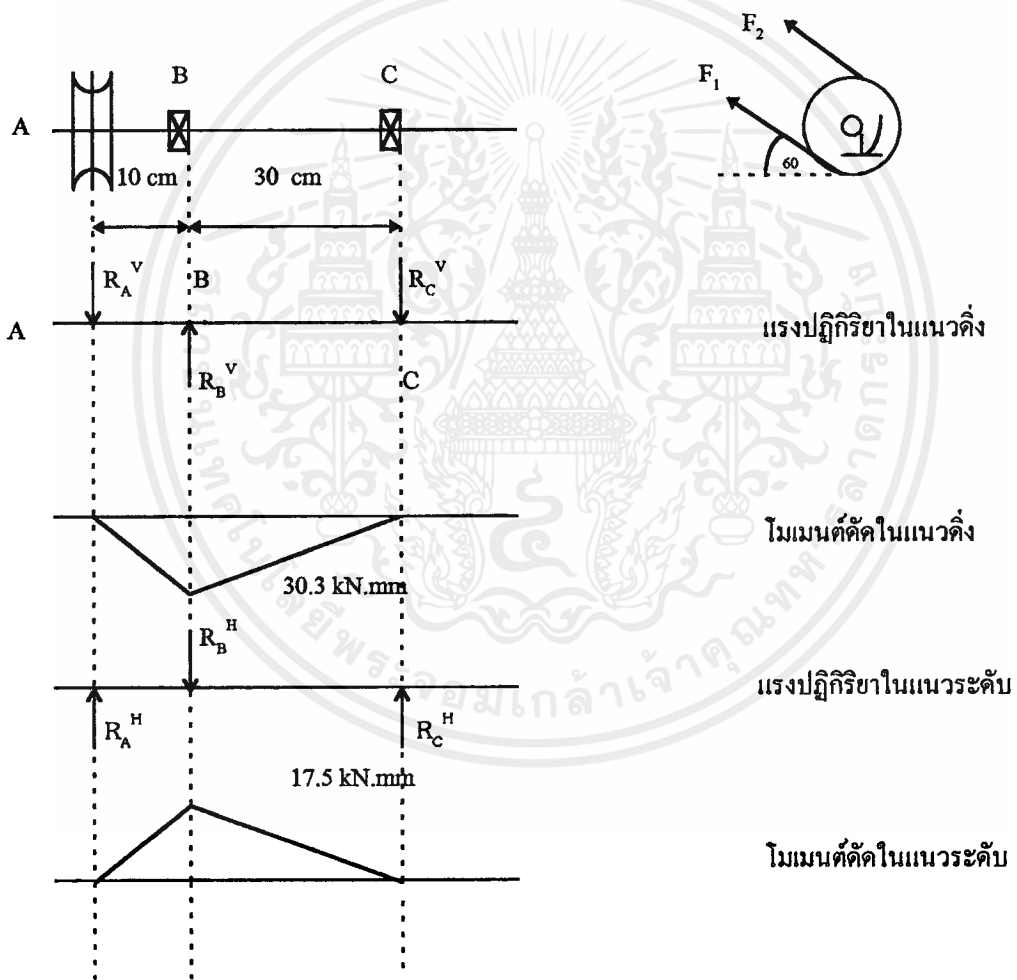
หาแรงดึงในสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{จาก } F_1 - F_2 &= F = 176.9 \text{ นิวตัน} \\ F_1 + F_2 &= F_w = \frac{k_1 F \sin \alpha}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ตาราง } 2.5 \ k_1 &= 2 \\ &= 2 (176.9) (0.99) \\ &= 350.3 \text{ นิวตัน} \\ F_1 - F_2 &= 176.9 \text{ นิวตัน} \text{ -----1)} \\ F_1 + F_2 &= 350.3 \text{ นิวตัน} \text{ -----2)} \\ F_1 &= 263.6 \text{ N, } F_2 = 86.7 \text{ นิวตัน} \end{aligned}$$

การคำนวณหาขนาดเพลาส่งกำลัง



$$\begin{aligned} \sum M_b &= 0 \text{ ในแนวตั้ง} \\ 303.4 (10) &= R_C^V (30) \\ R_C^V &= 0.101 \text{ กิโลนิวตัน} \end{aligned}$$

$$\sum F = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_B^V = 0.303 + 0.101$$

$$= 0.404 \text{ กิโลนิวตัน}$$

$\sum M_B = 0$ ในแนวระดับ

$$174.9(10) = R_C^H (30)$$

$$R_C^H = 0.058 \text{ กิโลนิวตัน}$$

$\sum F = 0$

$$R_B^H = 0.175 + 0.59$$

$$= 0.233 \text{ กิโลนิวตัน}$$

จาก

$$M_A = \sqrt{(M_A^V)^2 + (M_A^H)^2}$$

$$= \sqrt{(30.3)^2 + (17.5)^2}$$

$$= 35.0 \text{ กิโลนิวตัน . มม.}$$

โมเมนต์บิดเนื่องจากส่งกำลังของสายพาน

$$T = \frac{(0.303 - 0.175) 150}{2}$$

$$= 9.6 \text{ กิโลนิวตัน . มม.}$$

จากตารางที่ 9.2 $C_m = 1.5$, $C_t = 1.0$

สมมติให้เพลาไม่มีร่องลิ้น

$$\tau_d = 41 \text{ นิวตัน/มม.}^2$$

จากสมการที่ 9.10

$$d^3 = \frac{16 [(C_t T)^2 + (C_m M_b)^2]^{1/2}}{\pi \tau}$$

$$d^3 = \frac{16(1000) [(1 \cdot 96)^2 + (1.5 \cdot 35)^2]^{1/2}}{41\pi}$$

$$= 4.33$$

เลือกใช้เพลาขนาด 5 มม.

การเลือก ball bearing

จากค่า bearing force บนเพลาเกียร์ พิจารณา เลือกใช้ radial-contact ball bearing $X_1 = 1$,

$$Y_1 = 0, X_2 = 0.5, Y_2 = 1.4$$

$$\text{ณ จุด B; } F_x = F_B^H = 233.35 \text{ นิวตัน}$$

$$F_r = F_B^V = 404.4 \text{ นิวตัน}$$

จากสมการ

$$F_c = XVF_r + Yf_s \quad (V=1, \text{inner ring rotation})$$

$$(X_1 = 1, Y_1 = 0) \quad F_c = F_r = 404.4 \text{ นิวตัน}$$

$$(X_2 = 0.5, Y_2 = 1.4) \quad F_c = 0.5F_r + 1.4f_s$$

$$= 0.5(404.4) + 1.4(233.35)$$

$$= 528.89 \text{ นิวตัน}$$

ณ จุด C; $F_s = F_c^H = 58.5 \text{ นิวตัน}$

$$F_r = F_c^V = 101.1 \text{ นิวตัน}$$

จะได้

$$(X_1 = 1, Y_1 = 0) \quad F_c = 101.1 \text{ นิวตัน}$$

$$(X_2 = 0.5, Y_2 = 1.4) \quad F_c = 0.5(101.1) + 1.4(58.5)$$

$$= 132.45 \text{ นิวตัน}$$

พิจารณา เพื่อปรับแก้ F_c การทำงานเป็นแบบ machinery with moderate impact

เลือกใช้ load factor = $(3 + 1.5)/2 = 2.25$ จะได้ F_c ที่ปรับแก้แล้วดังนี้

เนื่องจากแรงปฏิกิริยาที่จุด A เท่ากับจุด C

ณ จุด B; $F_{c1} = 909.9 \text{ N}, F_{c2} = 1190 \text{ นิวตัน}$

ณ จุด C; $F_{c1} = 227.5 \text{ N}, F_{c2} = 298 \text{ นิวตัน}$

ได้ F_{cmax} ณ จุด B และ C

$$\text{ได้ } F_{cmax}^B = 1190 \text{ นิวตัน}$$

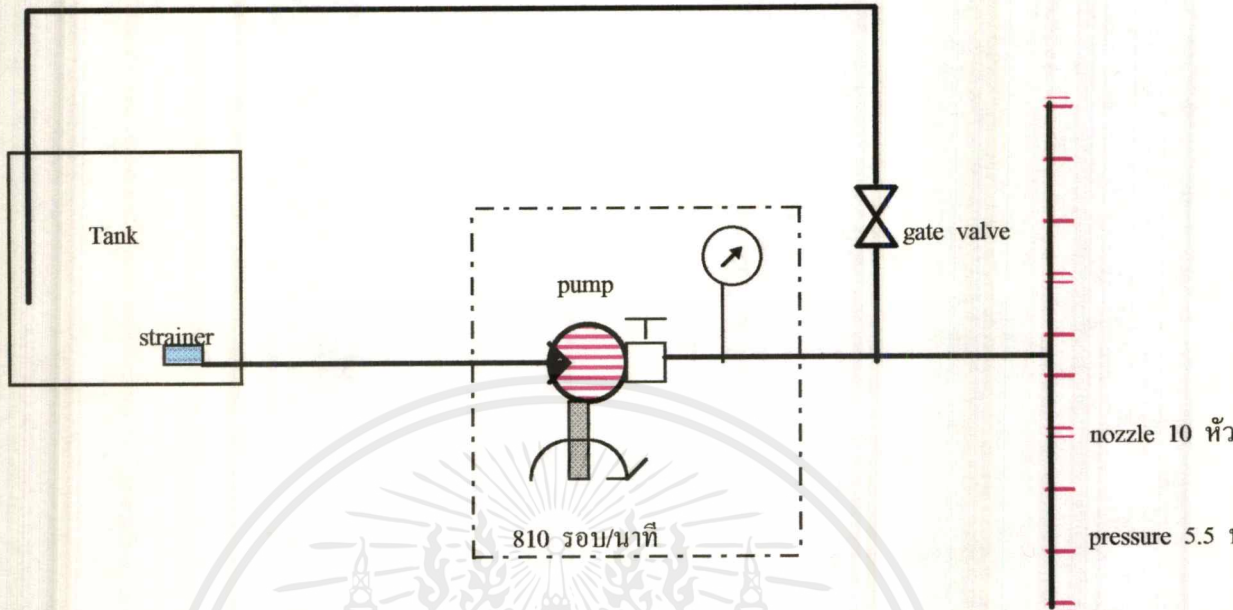
$$F_{cmax}^C = 298 \text{ นิวตัน}$$

เลือกใช้ 02-series bearing

ขนาด bore เท่ากับ 20 มม. ซึ่งสามารถรับภาระได้มากกว่า 1.190 กิโลนิวตัน

3.6 การออกแบบระบบ Pump และการคำนวณ System head

3.6.1 ระบบ Pump ของ Boom sprayer



จากระบบ ใช้ nozzle ที่มีความดันใช้งานเท่ากับ 5.5 บาร์ pump ที่ใช้จะเป็น pump ที่สามารถปรับความดันน้ำที่ออกไปใช้งานได้ โดย pump ตัวนี้ทำงานที่ความเร็วรอบ 800-100 รอบ/นาที สามารถสร้างความดันน้ำได้ 12-35 บาร์

จากระบบ pump เมื่อยังไม่ได้ต่อ out let ของ Pump เข้ากับ nozzle ที่ความเร็วรอบของ pump ประมาณ 800 รอบ/นาที จะได้อัตราการไหล 10 ลิตร/นาที อ่านค่าความดันน้ำจาก pressure gate ได้ประมาณ 2.0 บาร์ ซึ่งจะเห็นว่าเป็นค่าที่น้อยมาก เมื่อต่อ outlet ของ pump เข้ากับ nozzle ปิด gate valve แล้วอ่านค่าความดันน้ำจาก pressure gate ได้ประมาณ 10 บาร์ ซึ่งจะเห็นว่าสูงกว่าความดันใช้งานของ nozzle ซึ่งประมาณ 5.5 บาร์ ซึ่งอาจทำให้ nozzle เสียหายได้

เมื่อค่อย ๆ เปิด gate valve ความดันภายในระบบจะค่อย ๆ ลดลง และอาจคงที่เมื่อหยุดปรับ gate valve ซึ่งจะได้ความดันน้ำคงที่อยู่ที่ 5.5 บาร์ ซึ่งเป็นความดันน้ำที่เราต้องการ

จากระบบถ้าไม่ได้ต่อ gate valve ตามรูป เมื่อเราต้องการความดันน้ำที่ 5.5 บาร์ ค่าความเร็วรอบของ pump จะต้องต่ำ ๆ ซึ่งเราใช้กำลังจาก PTO มาขับ pump จึงต้องให้รอบ PTO ต่ำลงด้วย โดยการให้รอบเครื่องต่ำลง ซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ของรถช้ามาก ไม่เหมาะสมในการฉีดพ่น และเมื่อรอบของ pump ต่ำ จะได้ปริมาณน้ำที่ outlet ต่ำมากด้วย และจากการทดลอง ความดันน้ำที่อ่านจาก pressure gate จะต่ำมาก ประมาณ 0-1 บาร์ จะทำให้ nozzle ทำงานไม่ได้ น้ำจะไม่กระจายเป็นละอองน้ำ

จากระบบ pump gate valve นี้จะมีประโยชน์อีกอย่างหนึ่งคือ เมื่อเราต้องการเพิ่มหรือลดน้ำยาสารเคมีในการฉีดพ่น สามารถที่จะปรับอัตราการไหลที่ gate valve นี้ได้ เช่น เมื่อต้องการลดปริมาณการฉีดพ่น ให้เปิด gate valve เพิ่มขึ้น น้ำยาสารเคมีก็จะไหลกลับลงสู่ถังไปบางส่วน อาจจะทำให้ความดันระบบตกลงบ้าง แต่ถ้าปรับ gate valve ไม่มากนักก็จะมีปัญหาอะไร

3.6.2 การคำนวณ system head

จากระบบ pump ใช้ nozzle แบบ S 4110-14 ความดันใช้งาน 5.5 บาร์ มีอัตราการฉีดพ่น 1.0 ลิตร/นาที ต่อหัวฉีด 1 ตัว ในระบบมี nozzle 10 ตัว ดังนั้นอัตราการไหลของระบบประมาณ 10 ลิตร/นาที ระบบใช้ท่อ PVC ขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว

$$1 \text{ แกลลอน} = 3.785 \text{ ลิตร} \quad \therefore \frac{Q}{3.785} = 10 = 2.64 \text{ แกลลอน/นาที}$$

จากรูปที่ 2.5 velocity of liquids in pipes

$$Q = 2.64 \text{ แกลลอน/นาที, ท่อขนาด } \frac{1}{2} \text{ นิ้ว}$$

$$\text{อ่านค่าความเร็วการไหลในระบบได้ } v = 2.0 \text{ ฟุต/วินาที}$$

ท่อ PVC มีค่า $C = 140$

hydraulic radius ; $R = A/P = D/4$ สำหรับท่อกลม

$$\text{ดังนั้น} \quad R = \frac{1 \times 1 \times 1}{2 \times 12 \times 4} = 0.01041 \text{ ฟุต}$$

$$\text{จากสูตร} \quad V = 1.318CR^{0.67}S^{0.54}$$

$$2.0 = 1.318(140)(0.01041)^{0.67}S^{0.54}$$

$$S^{0.54} = 0.23084$$

$$S = 0.06639 \text{ ฟุต/ฟุต}$$

● ท่อขนาด $\frac{3}{8}$ นิ้ว จากรูปที่ 2.5 velocity of liquids in pipes $Q = 2.64$ แกลลอน/นาที
อ่านค่าความเร็วการไหลในระบบได้ $v = 3.5$ ฟุต/วินาที

ท่อ PVC มีค่า $C = 140$

$$\text{hydraulic radius ; } R = D/4 = \frac{3 \times 1 \times 1}{8 \times 12 \times 4} = 0.00781 \text{ ฟุต}$$

$$\text{จากสูตร} \quad V = 1.318CR^{0.67}S^{0.54}$$

$$3.5 = 1.318(140)(0.00781)^{0.67}S^{0.54}$$

$$S^{0.54} = 0.48962$$

$$S = 0.26664 \text{ ฟุต/ฟุต}$$

- ท่อคู่ถึงทางเข้า pump

ปากทางเข้า strainer จากรูปที่ 2.3 $K = 1.75$

$$\text{จากสูตร} \quad h_f = kv^2/2g$$

$$v^2/2g = \frac{2^2}{2 \times 32.2} = 0.06211$$

$$\therefore h_f = (1.75)(0.06211) = 0.1087$$

ท่อคู่ยาว 6 ฟุต

$$h_f = S = 0.0663 \times 6 = 0.3978 \text{ ฟุต}$$

- pump เข้า nozzle

เพิ่มขนาดท่อกระทันหันจาก \varnothing 3/8 นิ้ว - 1/2 นิ้ว จากรูป 2.2b $d_1/d_2 = 0.75$ $K = 0.18$

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad h_f &= K(v_1 - v)^2/2g \\ &= \frac{(0.18)(3.5 - 2)^2}{32.2} \\ &= 0.0062 \text{ ฟุต} \end{aligned}$$

สามทาง ขนาด 1/2 นิ้ว จากรูปที่ 2.3 สามทางแบบ

line flow $K = 0.2$, $v = 2.0$ ฟุต/วินาที

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad h_f &= kv^2/2g \\ &= \frac{(0.2)(2.0)^2}{2 \times 32.2} \\ &= 0.0124 \text{ ฟุต} \end{aligned}$$

branch $K = 1.0$, $v = 2.0$ ฟุต/วินาที

$$\begin{aligned} h_f &= \frac{(1.0)(2.0)^2}{2 \times 32.2} \\ &= 0.0621 \text{ ฟุต} \end{aligned}$$

เนื่องจากความยาวท่อ \varnothing 3/8 นิ้ว ยาว 2 ฟุต

$$h_f = S = 0.2666 \times 2 = 0.5332 \text{ ฟุต}$$

\varnothing 1/2 นิ้ว ยาว 12 ฟุต

$$h_f = S = 0.0663 \times 12 = 0.7956 \text{ ฟุต}$$

เนื่องจากการลดขนาดกระทันหันที่ nozzle จาก 1/2 นิ้ว ไปเป็น 1/8 นิ้ว

จากรูปที่ 2.2b $d_1/d_2 = 4$, $K = 0.5$

$$h_f = k(v_1 - v)^2/2g$$

จาก velocity of liquids in pipe $D = 1/8$ นิ้ว

$$Q = 1 \text{ ลิตร/นาที}$$

$$= 1/3.785 = 0.264 \text{ รอบ/นาที}$$

$$h_f = \frac{(0.5)(3.5 - 1.0)^2}{2 \times 32.2}$$

$$= 0.0485 \text{ ฟุต}$$

มี nozzle ทั้งหมด 10 ตัว จากสามทางแยกด้านละ 5 ตัว ซึ่งสมมาตรกัน ดังนั้นคิด

loss เพียง 5 ตัว

$$h_f = 0.0485 \times 5 = 0.2426 \text{ ฟุต}$$

$$\text{system head loss} \quad h_f = 0.1087 + 0.3978 + 0.0062 + 0.0124 + 0.0621$$

$$+ 0.5332 + 0.7956 + 0.2426 = 2.1586 \text{ ฟุต}$$

ที่ nozzle ต้องการ head 5 บาร์ (1บาร์ = 14.7 ปอนด์/นิ้ว² = 760 มม.ปรอท = 10 ม.น้ำ = 32.8 ฟุตน้ำ) ฉะนั้นจะต้อง

เลือก pump ที่สร้าง head ได้เท่ากับ $(5)(32.8) + 2.1586 = 166.1586$ ฟุต(5.06 บาร์) หรือมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการคำนวณเห็นว่าเราสามารถใส่ pump แบบลูกสูบ ที่มีอยู่ซึ่งสามารถทำ head ได้ 12-35 กก/ชม² หรือ ประมาณ 12-35 บาร์ มีอัตราการสูบ 14.5-18 ลิตร/นาที่ (5 แกลลอน/นาที่) ที่ความเร็วรอบ 800-1000 รอบ/นาที่

เห็นว่าในระบบของเรามี nozzle ที่ต้องการความดันตกคร่อม 5 บาร์ แต่ pump ที่เรามีอยู่สามารถสร้างความดันได้ถึง 12-35 บาร์ จากระบบสามารถลดความดันในระบบให้เหลือเพียง 5 บาร์ ได้โดยการปรับ valve ควบคุมความดันในระบบให้เหลือ 5 บาร์ ทำให้ได้น้ำยาสารเคมีความดัน 5 บาร์ ไหลไปในระบบถึง nozzle ส่วนน้ำยาสารเคมีที่เหลือจะไหลกลับลงสู่ถังน้ำยาสารเคมี

3.6.3 ระบบควบคุมการฉีดพ่นสารเคมี

จากระบบ pump เราใช้กำลังจาก PTO ของรถแทรกเตอร์เป็นต้นกำลังของ pump ซึ่ง PTO มีความเร็วรอบ 540 รอบ/นาที่ ผ่าน pulley ทดรอบให้สูงขึ้นในอัตรา 1/1.5 ซึ่งจะได้ความเร็วรอบในการขับ pump ประมาณ 810 รอบ/นาที่ ในการตัดต่อกำลังของ PTO จะมีระบบควบคุมอยู่ในตัวรถแทรกเตอร์ เมื่อต้องการฉีดพ่นสารเคมีก็เข้าเกียร์ให้ PTO ทำงานเมื่อต้องการหยุดการฉีดพ่นก็ปลดเกียร์ของ PTO pump ก็จะหยุดการทำงานทันที ทำให้เกิดความสะดวกในการปฏิบัติงาน

การทำงานของแขนพ่นสามารถที่จะพ่นได้เต็มพื้นที่หน้ากว้างของแขนพ่น

3.6.4 อัตราการฉีดพ่น

สามารถที่จะปรับความดันในระบบให้สูงหรือต่ำได้ที่ valve ควบคุมความดันในระบบ ถ้าต้องการอัตราการฉีดพ่นที่สูงขึ้นก็ต้องปรับความดันในระบบให้สูงขึ้น หรือถ้าต้องการอัตราการฉีดพ่นที่ต่ำลงก็ต้องปรับความดันในระบบให้ต่ำกว่าเดิม

3.7 การหา load ของรถแทรกเตอร์ L 2050 (4WD)

ความสำคัญของจุดศูนย์ถ่วง

เครื่องจักรกลการเกษตรส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรที่ทำงานบนพื้นดิน ซึ่งมีสภาพแตกต่างจากท้องถนนที่สามารถควบคุมการขับเคลื่อนได้ง่าย เสถียรภาพของเครื่องจักรกลเกษตรที่เคลื่อนที่ เช่น รถแทรกเตอร์ เทลเลอร์ รถบรรทุก รถเก็บผลไม้ มีความสำคัญต่อความปลอดภัยของเกษตรกรผู้ขับ ดังที่ได้ทราบมาแล้วว่า “ หากตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุเคลื่อนที่ออกนอกเส้นขอบฐานของวัตถุ วัตถุจะเสถียรสมดุล “ เช่น พลิกคว่ำ โค่นล้ม เป็นต้น ดังนั้น จึงใช้ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง ในการคำนวณค่ามุมเอียงจำกัดของพื้นดิน ซึ่งสะดวกกว่าการหาบนพื้นเอียงที่ปรับมุมเอียงได้ และอีกอย่างหนึ่งก็คือ จะต้องทราบตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของรถแทรกเตอร์ เพื่อนำไปคำนวณหาค่า Load ของรถแทรกเตอร์ ที่สามารถรับได้

การหาตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของเครื่องจักรกลเกษตร ซึ่งในที่นี้จะเป็นรถแทรกเตอร์ L 2050 (4WD) มีวิธีการดังต่อไปนี้

1. วัดระยะห่างระหว่างล้อหน้าและล้อหลัง ($X_1 = 157$ ซม.)
2. วัดระยะห่างระหว่างล้อหน้าและล้อหน้า ($Z_1 = 102$ ซม.) และระหว่างล้อหลังและล้อหลัง ($Z_2 = 104$ ซม.)
3. ชั่งน้ำหนักรถทั้งคัน ($W = 950$ กก.)
4. ชั่งน้ำหนักที่ล้อหน้าที่ละข้าง โดยให้ล้อทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกัน ($N_1 = 268.5$ กก. , $N_2 = 269.0$ กก.)
5. ชั่งน้ำหนักที่ล้อหลังที่ละข้าง โดยให้ล้อทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกัน ($N_3 = 281.8$ กก. , $N_4 = 281.8$ กก.)
6. คำนวณหาค่าตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงตามแกน X

$$\begin{aligned} X &= \frac{X_1(N_1 + N_2)}{W} \\ &= \frac{157(268.5 + 269)}{950} \\ &= 88.83 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

7. คำนวณหาค่าตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงตามแกน Z

$$\begin{aligned} Z &= \frac{[Z_1(N_1 - N_2) + Z_2(N_3 - N_4)]}{2W} \\ &= \frac{[102(268.5 - 269) + 104(281.8 - 281.8)]}{2 * 950} \\ &= -0.027 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

8. ใช้หมอนหนุนล้อหลังให้สูงขึ้นเป็นระยะ Y ($Y = 14$ ซม.)
9. คำนวณหามุมเอียงของรถ

$$\begin{aligned} \tan \theta &= \frac{14}{157} \\ \theta &= 5.1 \text{ องศา} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. คำนวณระยะในแนวราบ จากจุดรับน้ำหนักที่ล้อยหน้าถึงแนวรับน้ำหนักที่ล้อยหลังตามแกนดิ่ง (X_3)

$$\begin{aligned} X_3 &= X_1 \cos \phi \\ &= 157 \cos 5.1^\circ \\ &= 156.38 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

11. ชั่งน้ำหนักที่ล้อยหลังที่ละข้างขณะตัวรถเอียง ($N_3' = 295$ กก. , $N_4' = 295$ กก.)

12. คำนวณระยะในแนวราบจากจุดศูนย์กลางล้อหน้า ถึงแนวจุดศูนย์กลางถ่วงตามแกนดิ่ง (X_2)

$$\begin{aligned} X_2 &= \frac{X_3 (N_3' + N_4')}{W} \\ &= \frac{156.38 (295 + 295)}{950} \\ &= 97.12 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

13. คำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงตามแกน Y

$$\begin{aligned} Y &= \frac{[X_1 - X - (X_2)] \cot \phi}{\cos \phi} \\ &= \frac{[157 - 88.83 - (97.12)] \cot 5.1^\circ}{\cos 5.1^\circ} \\ &= [157 - 88.83 - 97.51] * 11.2 \\ &= -328.61 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

คำนวณค่า load ที่รถแทรกเตอร์สามารถรับได้

$$\begin{aligned} W * X &= W_L * X_L \\ 950 * 88.83 &= W_L * X_L \\ W_L * X_L &= 84,388.5 \text{ กก. . ซม.} \end{aligned}$$

โดยที่ W_L คือ load ทั้งหมดที่รถแทรกเตอร์สามารถรับได้

X_L คือ ระยะจากจุดศูนย์กลางถ่วงถึงข้อต่อระหว่างตัวรถกับตัว load

จากการทดลองหาค่า load สูงสุดที่รถแทรกเตอร์รุ่น L2050 (4WD) ขนาด 25 HP สามารถรับได้ เมื่อนำมาพิจารณากับ Boom sprayer ที่สร้างขึ้น ซึ่งจะสามารถทำให้รู้ได้ว่า Boom sprayer ตัวนี้สามารถทำงานร่วมกับรถแทรกเตอร์ขนาด 25 HP ได้หรือไม่ โดยพิจารณาว่า น้ำหนักของ Boom sprayer จะมีค่าเกิน load สูงสุดที่รถแทรกเตอร์ขนาด 25 HP สามารถรับได้หรือไม่

น้ำหนักของ Boom sprayer ที่สร้างขึ้น

ตัวโครงของ Boom sprayer	50 กก.
ชุดแขนพ่น	12 กก.
ถังบรรจุน้ำยาสารเคมีที่ใส่น้ำยาสารเคมีเต็มถึง	240 กก.
pump	10 กก.
อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ	5 กก.
น้ำหนักรวม	317 กก.

จากตัว Boom sprayer ที่สร้าง จุดศูนย์กลางของตัว Boom sprayer จะอยู่บริเวณจุดที่วางถังบรรจุน้ำยาสารเคมี (จุดศูนย์กลางของถังบรรจุน้ำยาสารเคมี) ซึ่งจุดนี้จะอยู่ห่างจากด้านหน้าของตัว Boom sprayer ประมาณ 38 ซม. และตัว Boom sprayer จะอยู่ห่างจากส่วนท้ายของรถแทรกเตอร์ประมาณ 60 ซม. ดังนั้น X_L เท่ากับ 98 ซม.

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad W_L * X_L &= 84388.5 \text{ กก.-ซม.} \\ W_L * 98 \text{ cm} &= 84388.5 \text{ กก.-ซม.} \\ W_L &= \frac{84388.5 \text{ กก.-ซม.}}{98 \text{ ซม.}} \\ &= 861.12 \text{ กก.} \end{aligned}$$

จะเห็นได้ว่าน้ำหนักของตัว Boom sprayer ทั้งหมด ซึ่งหนักประมาณ 317 กก. มีค่าน้อยกว่า load สูงสุดที่รถแทรกเตอร์คันนี้สามารถรับได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Boom sprayer ที่สร้างขึ้นนี้ สามารถนำไปใช้งานกับรถแทรกเตอร์รุ่น L2050 (4WD) ขนาด 25 HP ได้

3.8 แบบของรถแทรกเตอร์ที่ใช้

SPECIFICATION TABLE

Model	L2050 (4DW)	
Engine gross power	18.7 kW (25HP)	
PTO power	14.9 kW (20HP)	
Model	KUBOTA D1102-AE-2	
Type	Vertical, water-cooled 4 cycle diesel	
No. of cylinders	3	
Bore and stroke	76 x 82 mm (3.0 x 3.2 in)	
Total displacement	1115 cm ³ (3.0 x 3.2 in.)	
Rated revolution	46.7 r/s (2800 rpm)	
Fuel	Diesel fuel No.1 { below - 10° C (14° F) } Diesel fuel No.2 { above - 10° C (14° F) }	
Starter	Electric starter 12V, 1.0 kW (1.3 HP)	
Lubrication	Forced lubrication by trochoidal pump	
Battery	12V 75D26L	
Fuel tank	29 L (7.7 U.S. gals)	
Engine crankcase	6.3 L (6.7 U.S. qts.)	
Engine coolant	6 L (6.3 U.S. qts.)	
Transmission case	28 L (7.4 U.S. gals.)	
Steering gear box (Manual steering only)	0.21 L (0.22 U.S. qt.)	
Front axle case	6 L (6.3 U.S. qts.)	
Tires	Front	6.00 - 14
	Rear	9.5 - 24
Overall length	mm(in)	2640 (103.9)
Overall width	mm(in)	1270 (50.0)
Overall height	mm(in)	1935 (76.2)
Wheel base	mm(in)	1565 (61.6)
Min. ground clearance		311 (12.2)
Treads	Front	1010 (39.8)
	Rear	1031 (40.6)
Weight	kg(lbs)	950 (2094)
Rear PTO	SAE 1 - 3/8 6 - splines (with overrunning clutch)	
Revolution	1 speed (9 r/s at 40.5 engine r/s) (540 rpm at 2430 engine rpm)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Clutch	Dry single plate
Steering	Recirculating ball type manual steering
Transmission	Gear shift, 8 forward and 2 reverse
Min. turning radius m(feed)	2.5 (8.2)
Brake	Wet disk type
Differential	Bevel gear



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบสมรรถนะเครื่องพ่นสารเคมี

ในการใช้งานเครื่องพ่นสารเคมีนั้น มีตัวแปรที่สำคัญอยู่หลายอย่างที่เราจำเป็นต้องทราบ เพื่อที่จะได้ใช้เครื่องพ่นสารเคมีให้ได้ประโยชน์สูงสุด และให้เครื่องพ่นสารเคมีนั้นทำวานที่ประสิทธิภาพสูงสุด ตัวแปรที่ว่านี้ได้แก่ อัตราการฉีดพ่นสารเคมี (ลิตร/ไร่), อัตราการทำวานของเครื่อง (ไร่/ชม.), ความดันสารเคมี (บาร์), ความเร็วรถแทรกเตอร์(กม./ชม.) ซึ่งนอกจากตัวแปรเหล่านี้แล้ว ยังมีปัจจัยอย่างอื่นอีกที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องพ่นสารเคมี เช่น ความเร็วลม สภาพอากาศ และสภาพพื้นที่การทำงาน ปัจจัยเหล่านี้ในทางทฤษฎี อาจจะมีผลต่อการทำงานของเครื่องพ่นสารเคมีน้อย แต่ในทางปฏิบัติปัจจัยเหล่านี้ เป็นปัจจัยหลักในการที่จะกำหนดลักษณะการใช้งานของเครื่องพ่นสารเคมี และอาจเป็นแนวทางให้เราเลือกปฏิบัติงานในช่วงเวลาต่างๆ กันได้ ซึ่งถ้าเราพิจารณาถึงปัจจัยเหล่านี้เป็นสำคัญด้วย จะทำให้เราได้ประโยชน์จากการใช้เครื่องพ่นสารเคมีอย่างเต็มที่

ในการทดสอบเครื่องพ่นสารเคมีที่สร้างขึ้นนี้ เราจะพิจารณาตัวแปรต่างๆ เหล่านี้ คือ อัตราฉีดพ่นสารเคมี(ลิตร/ไร่), ความเร็วรถแทรกเตอร์(กม./ชม.), ความดันสารเคมี(บาร์) และความหนาแน่นของละอองสารเคมีที่ตกลงบนใบพืช แล้วนำตัวแปรต่างๆ นั้นมาพิจารณาว่า มันมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

การทดลอง

การทดลองที่ 4.1 หาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเครื่องกับความดันสารเคมี

วัตถุประสงค์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเครื่องกับความดันสารเคมี

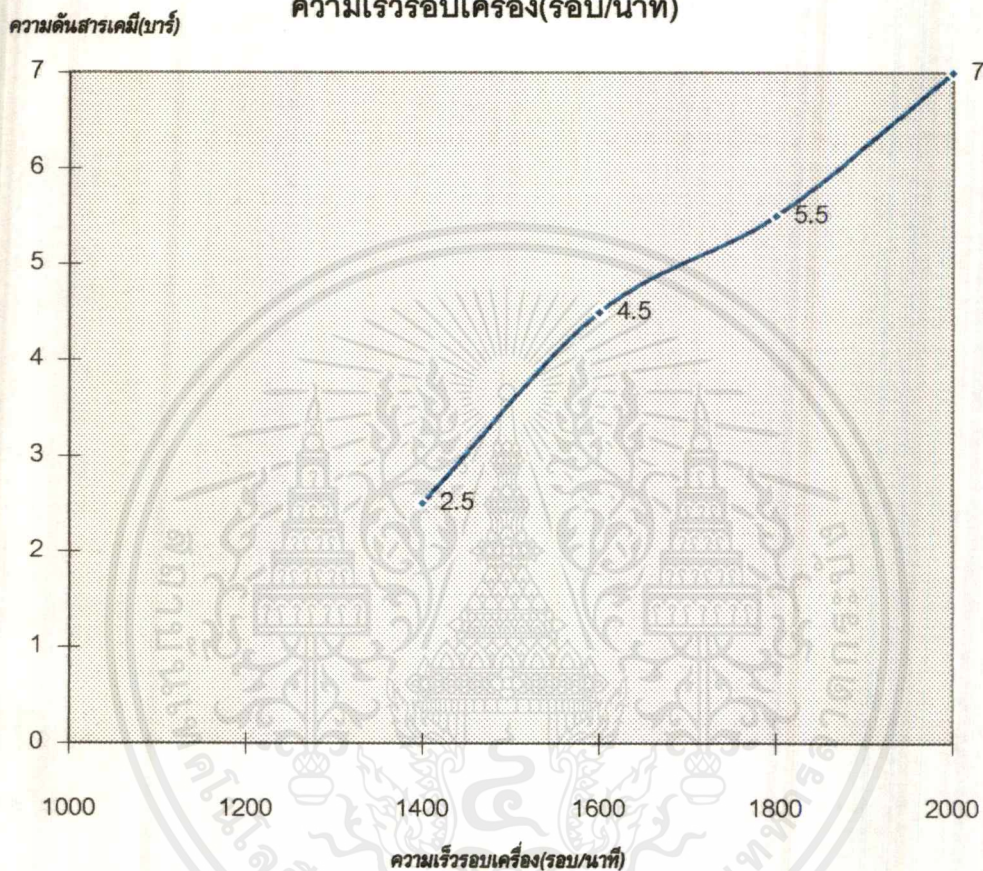
วิธีการทดลอง

- 1) เดินเครื่องพ่นสารเคมีที่ความเร็วรอบเครื่อง 1400, 1600, 1800, 2000 รอบ/นาที ตามลำดับ แล้วอ่านค่าความดันสารเคมี(บาร์) ที่ Pressure gate ณ ความเร็วรอบเครื่องต่างๆ
- 2) บันทึกผลลงในตาราง

ตารางการทดลอง

ความเร็วรอบเครื่อง (รอบ/นาที)	ความดันสารเคมี (บาร์)
1400	2.5
1600	4.5
1800	5.5
2000	7.0

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันสารเคมี(บาร์)กับ
ความเร็วรอบเครื่อง(รอบ/นาที)



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องกับความดันสารเคมี จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องรถแทรกเตอร์ขึ้น จะทำให้ความดันสารเคมีเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากเมื่อความเร็วรอบเครื่องเพิ่มจะทำให้เพลลา PTO หมุนด้วยความเร็วที่สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ pump มีรอบการทำงานที่สูงขึ้นด้วย ทำให้สามารถสร้างความดันสารเคมีให้สูงขึ้นได้

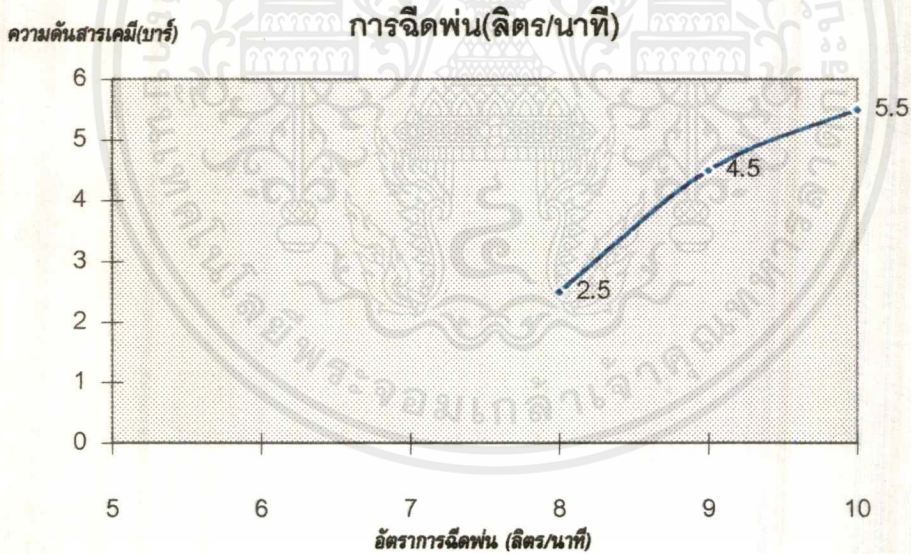
การทดลองที่ 4.2 หาความสัมพันธ์ของความดันสารเคมีกับอัตราการฉีดพ่นของเครื่องพ่นสารเคมี
วัตถุประสงค์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของความดันสารเคมีกับอัตราการฉีดพ่นของเครื่องพ่นสารเคมี
วิธีการทดลอง

- 1) เดินเครื่องพ่นสารเคมีที่ความเร็วรอบต่างๆ ให้ได้ความดันสารเคมี 2.5 บาร์, 4.5 บาร์ และ 5.5 บาร์ ตามลำดับ เหมือนการทดลองที่ 1
- 2) ในแต่ละความดันสารเคมี จะทำการวัดอัตราการฉีดพ่นของ nozzle 1 ตัว โดยการนำ bigger ไปวัดปริมาตรของน้ำที่ไหลออกมาจาก nozzle 1 ตัว ในเวลา 1 นาที
- 3) บันทึกผลการทดลองลงในตาราง

ตารางผลการทดลอง

ความดันสารเคมี (บาร์)	อัตราการฉีดพ่นของ nozzle 1 ตัว (ลิตร/นาที)	อัตราการฉีดพ่นของเครื่องพ่นสารเคมี (ลิตร/นาที)
2.5	0.8	8
4.5	0.9	9
5.5	1.0	10

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันสารเคมี(บาร์)กับอัตรา



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันสารเคมีกับอัตราการฉีดพ่น จะเห็นว่าเมื่อความดันสารเคมีเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการฉีดพ่นเพิ่มขึ้นตาม เนื่องจาก pump ที่ใช้เป็น pump แบบลูกสูบ ถ้า head เพิ่มขึ้น จะทำให้ capacity เพิ่มขึ้น

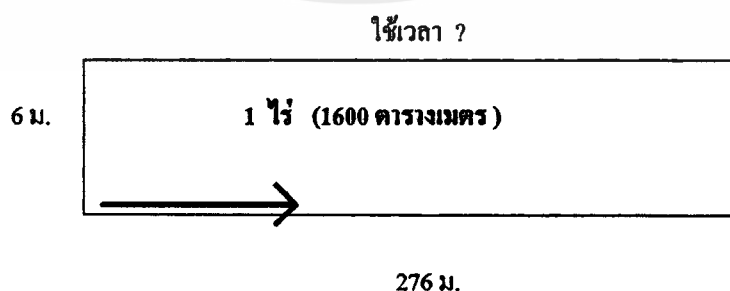
การทดลองที่ 4.3 หากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถ อัตราการฉุดพ่น และเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมี โดยพิจารณาว่าที่ความเร็วรถต่างๆ กัน จะมีผลต่อความหนาแน่นของละอองสารเคมีที่ตกลงบนใบพืชอย่างไร ในที่นี้เราให้พื้นคอนกรีตเปรียบเสมือนเป็นใบพืช โดยให้ความเร็วรอบของเครื่องรถแทรกเตอร์คงที่ไว้ค่าหนึ่ง แล้วเปลี่ยนแปลงความเร็วโดยการเปลี่ยนเกียร์ ในการทดลองนั้น เราให้เครื่องพ่นสารเคมีทำงานที่สภาพพื้นที่เป็นถนนคอนกรีต ที่พื้นคอนกรีตจะทำเครื่องหมายเป็นกรอบสี่เหลี่ยมขนาด 50x50 ซม. ไร่จำนวน 10 กรอบ เพื่อดูความหนาแน่นของละอองสารเคมีที่ตกลงสู่พื้นคอนกรีต (ซึ่งเปรียบเสมือนละอองของสารเคมี ที่ตกลงบนใบพืช)

วัตถุประสงค์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถ อัตราการฉุดพ่น และเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของละอองสารเคมีที่ตกลงบนใบพืช

วิธีการทดลอง

- 1) ปรับความเร็วรอบเครื่องของรถแทรกเตอร์เป็น 1400 รอบ/นาที
- 2) เข้าเกียร์ 5 high
- 3) ปลดเพลา PTO แล้วปล่อยให้รถแทรกเตอร์ที่มีเครื่องพ่นสารเคมีติดพ่วงอยู่ เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วคงที่
- 4) จับเวลาการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ในระยะทางหนึ่ง เพื่อทำการหาความเร็วของรถแทรกเตอร์ แล้วบันทึกผลลงในตารางเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมี ที่ความเร็วรอบ 1400 รอบ/นาที
- 5) พิจารณาความหนาแน่นของละอองสารเคมี ที่ตกลงสู่พื้นคอนกรีต ว่าในแต่ละกรอบมีประมาณกี่เปอร์เซ็นต์ แล้วหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมี หาค่าเฉลี่ยของทั้ง 10 กรอบ บันทึกผลลงในตารางเดียวกับข้อ 4)
- 6) เปลี่ยนเกียร์เป็นเกียร์ 6 high และ 7 high โดยในแต่ละเกียร์ให้ทำการทดลองตามข้อ 3) , 4) และ 5) ตามลำดับ บันทึกผลลงในตารางเดียวกับข้อ 4)
- 7) หาว่าที่ความเร็วรถต่างๆ อัตราการฉุดพ่นเป็นกี่ ลิตร/ไร่ โดยการนำอัตราการฉุดพ่น (ลิตร/นาที) คูณกับเวลาทั้งหมดที่เครื่องฉุดพ่นสารเคมีทำงานได้พื้นที่ 1 ไร่

ตัวอย่างการคำนวณ



ที่ความเร็วรอบเครื่องรถแทรกเตอร์ 1400 รอบ/นาที ความเร็วรถแทรกเตอร์ 2.0 กม./ชม.

อัตราการผลิต 8 ลิตร/นาทีก

ในพื้นที่ 1 ไร่ เครื่องพ่นสารเคมีใช้เวลาในการทำงาน = 60 นาที x 267 ม.

2000 ม.

= 8.01 นาที

ดังนั้นอัตราการผลิตใน 1 ไร่ = 8 ลิตร/นาทีก x 8.01 นาที

= 64.08 ลิตร/ไร่

- 8) บันทึกผลลงในตารางที่ 1
- 9) ปรับความเร็วรอบเครื่องรถแทรกเตอร์เป็น 1600 รอบ/นาทีก
- 10) ทำการทดลองตามข้อ 2), 3), 4), 5), 6) และ 7) ตามลำดับ
- 11) บันทึกผลลงในตารางที่ 2
- 12) ปรับความเร็วรอบเครื่องรถแทรกเตอร์เป็น 1800 รอบ/นาทีก
- 13) ทำการทดลองตามข้อ 2), 3), 4), 5), 6) และ 7) ตามลำดับ
- 14) บันทึกผลลงในตารางที่ 3

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมี ที่ความเร็วรอบเครื่อง 1400 รอบ/นาที

ความเร็ว (กม./ชม.)	เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมีที่กรอบต่างๆ (%)										เฉลี่ย (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2.0	90	90	95	90	85	90	85	90	90	95	90.0
3.3	80	85	85	80	80	80	75	85	80	80	80.5
4.5	75	80	80	80	75	75	70	80	75	70	74.0

ตารางผลการทดลองที่ 1

ความเร็วรถ (กม./ชม.)	ความดันสารเคมี (บาร์)	ความหนาแน่น ของสารเคมี(%)	อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/นาที)	อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/ไร่)
2.0	2.5	90.0	8.0	$8 \times 8.01 = 64.08$
3.3	2.5	80.5	8.0	$8 \times 4.85 = 38.84$
4.5	2.5	74.0	8.0	$8 \times 3.56 = 28.48$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมี ที่ความเร็วรอบเครื่อง 1600 รอบ/นาที

ความเร็ว (กม./ชม.)	เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมีที่กรอบต่าง ๆ (%)										ค่าเฉลี่ย (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3.0	85	90	90	85	90	80	85	80	80	85	85.0
3.8	80	85	90	80	85	85	80	80	80	80	82.5
5.0	75	80	80	80	75	80	75	70	75	70	75.5

ตารางผลการทดลองที่ 2

ความเร็วรถ (กม./ชม.)	ความดันสารเคมี (บาร์)	ความหนาแน่น ของสารเคมี(%)	อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/นาที)	อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/ไร่)
3.0	4.5	85.0	9.0	$9 \times 5.34 = 48.06$
3.8	4.5	82.5	9.0	$9 \times 4.22 = 37.94$
5.0	4.5	75.5	9.0	$9 \times 3.204 = 28.83$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมี ที่ความเร็วรอบเครื่อง 1800 รอบ/นาที

ความเร็ว (กม./ชม.)	เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมีที่กรอบต่าง ๆ (%)										ค่าเฉลี่ย (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3.3	90	95	90	90	90	90	95	90	85	85	90.0
4.0	85	90	90	85	85	80	85	80	85	80	84.5
6.0	80	80	75	80	85	75	75	70	75	75	80.5

ตารางผลการทดลองที่ 3

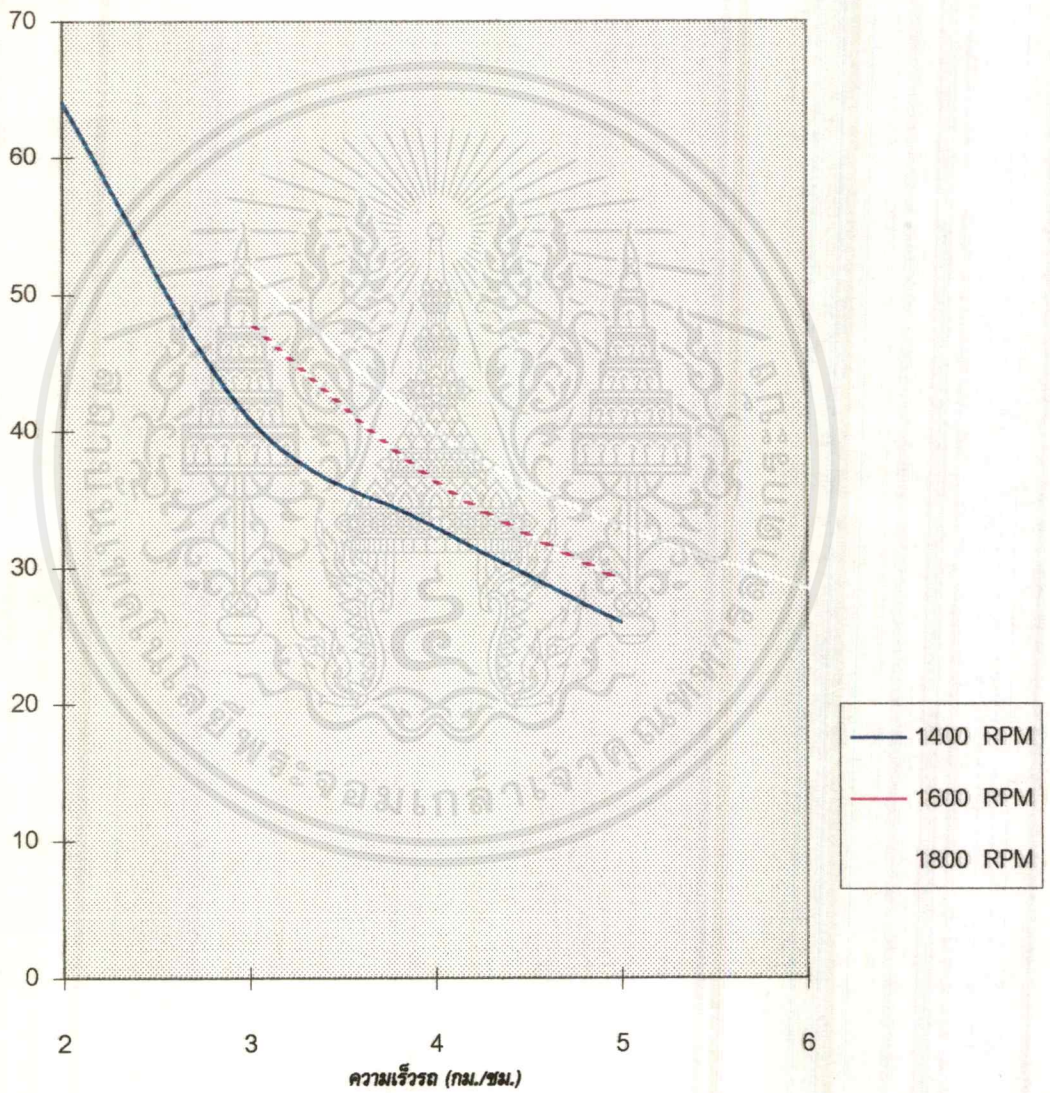
ความเร็วรถ (กม./ชม.)	ความดันสารเคมี (บาร์)	ความหนาแน่น ของสารเคมี(%)	อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/นาถิ)	อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/ไร่)
3.3	5.5	90.0	10	$10 \times 4.85 = 48.5$
4.0	5.5	84.5	10	$10 \times 4.00 = 40.0$
6.0	5.5	80.5	10	$10 \times 2.67 = 26.7$

ในการทดลองทั้งหมด ความสูงในการฉีดพ่นเท่ากับ 50 ซม. มีความเร็วลมอยู่ในช่วงประมาณ 3.6-8.64 กม./ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการฉีดพ่น

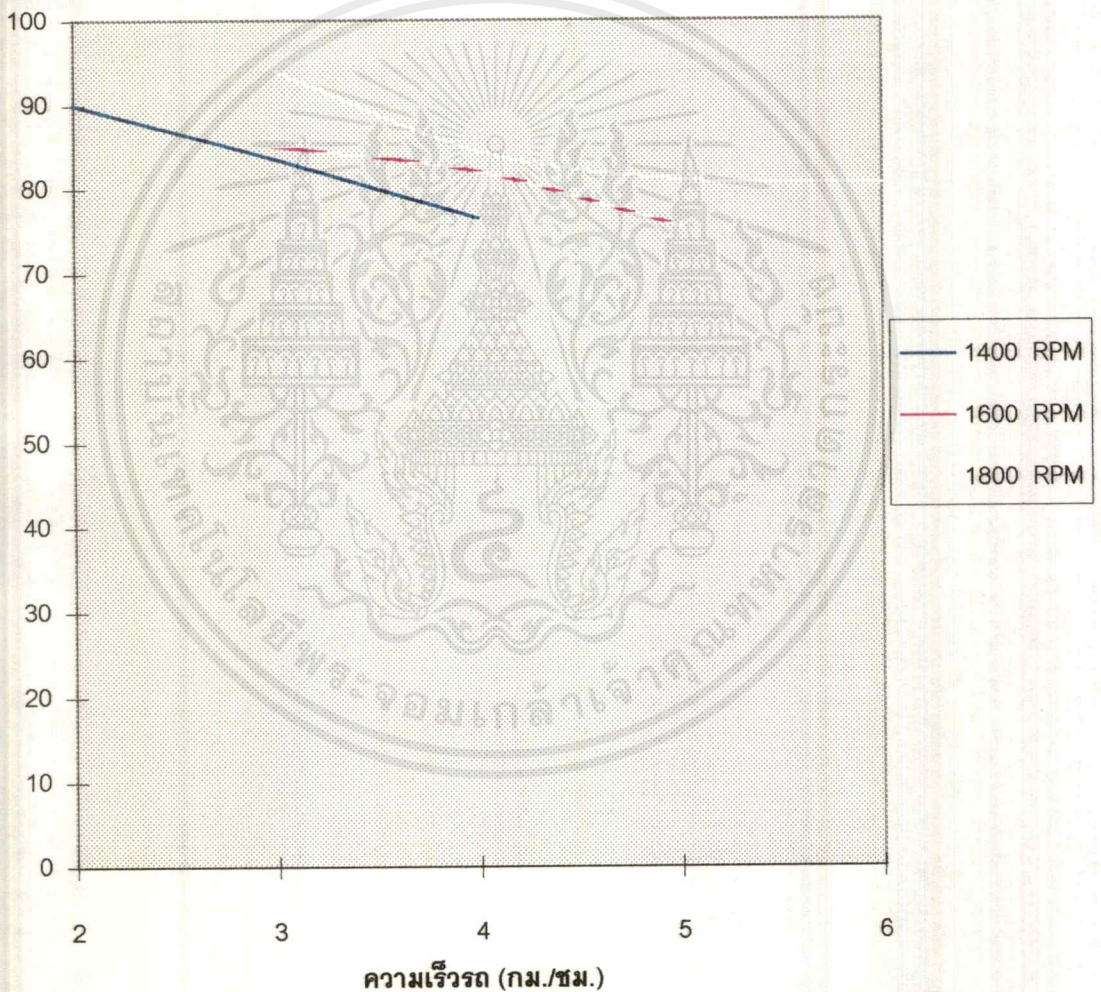
อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/ไร่)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของละอองสารเคมี

เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่น
ของสารเคมี (%)

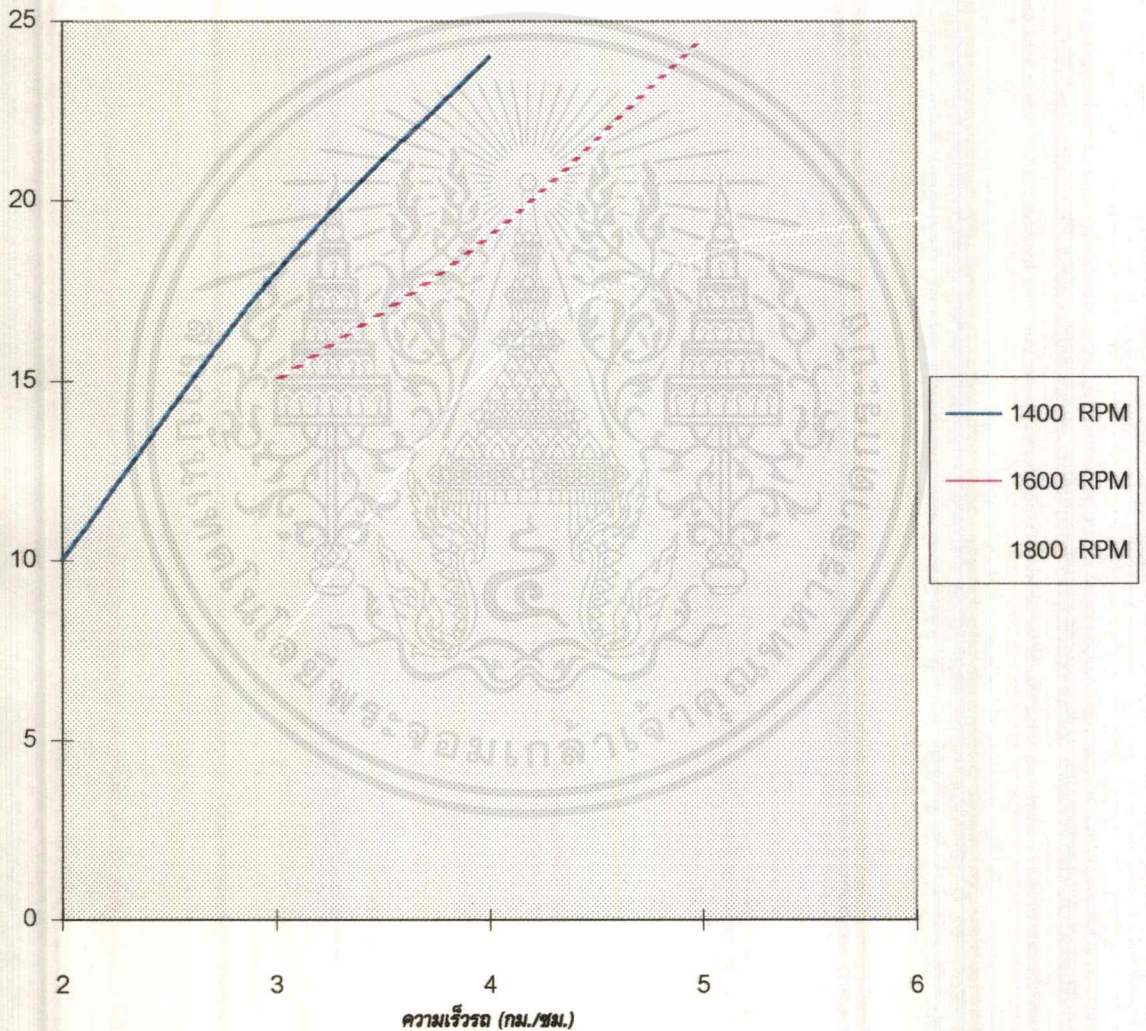


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย

เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย
ละอองสารเคมี (%)

ละอองสารเคมี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

จากรูปความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการฉีดพ่น

เมื่อเพิ่มความเร็วรถที่ความดันสารเคมีคงที่ (ความเร็วรอบเครื่องคงที่) อัตราการฉีดพ่นสารเคมีจะลดลง เนื่องจากเมื่อความเร็วรถเพิ่มขึ้นเวลาในการฉีดพ่นสารเคมี ณ พื้นที่หนึ่งจะลดลง เป็นผลให้อัตราการฉีดพ่นสารเคมีลงบนพื้นที่นั้นลดลง

เมื่อเพิ่มความดันสารเคมี (เพิ่มความเร็วรอบเครื่อง) ที่ความเร็วรถคงที่ จะทำให้อัตราการฉีดพ่นสารเคมีเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อความดันสารเคมีเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการฉีดพ่นสารเคมี (ลิตร/นาทิจ) ของหัวฉีดแต่ละหัวเพิ่มขึ้น เป็นผลให้อัตราการฉีดพ่นสารเคมี (ลิตร/ไร่) เพิ่มขึ้น เพราะให้อัตราการฉีดพ่นสารเคมี (ลิตร/ไร่) ได้มาจากอัตราการฉีดพ่นสารเคมี (ลิตร/นาทิจ) คูณเวลาในการฉีดพ่นสารเคมี (นาทิจ) ซึ่งเวลาในการฉีดพ่นนี้ จะคงที่ที่ความเร็วรถคงที่ เมื่ออัตราการฉีดพ่น (ลิตร/นาทิจ) เพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/ไร่) เพิ่มขึ้น

จากรูปความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นละอองสารเคมี

เมื่อเพิ่มความเร็วรถที่ความดันสารเคมีคงที่ (ที่ความเร็วรอบเครื่องคงที่) เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นละอองสารเคมีจะลดลง เนื่องจากเมื่อความเร็วรถเพิ่มขึ้น เวลาในการฉีดพ่นสารเคมี ณ พื้นที่หนึ่งจะลดลง เป็นผลให้จำนวนละอองสารเคมีที่ตกลงบนลดลงด้วย ทำให้ปริมาณความหนาแน่นละอองสารเคมีลดลง

เมื่อเพิ่มความดันสารเคมี (เพิ่มความเร็วรอบเครื่อง) ที่ความเร็วรถคงที่ จะทำให้อัตราการฉีดพ่น (ลิตร/ไร่) ของหัวฉีดแต่ละหัวเพิ่มขึ้น จะทำให้จำนวนละอองสารเคมีที่ตกลงบนพื้นที่เพิ่มขึ้นด้วย ทำให้เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นละอองสารเคมีเพิ่มขึ้น

จากรูปความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียละอองสารเคมี

เมื่อเพิ่มความเร็วรถที่ความดันสารเคมีคงที่ (ที่ความเร็วรอบเครื่องคงที่) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียละอองสารเคมีจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อความเร็วรถเพิ่มขึ้น เวลาในการฉีดพ่นสารเคมี ณ พื้นที่หนึ่งจะลดลง เป็นผลให้จำนวนละอองสารเคมีที่ตกลงบนพื้นที่ลดลงด้วย ทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียละอองสารเคมีเพิ่มขึ้น

เมื่อเพิ่มความดันสารเคมี (เพิ่มความเร็วรอบเครื่อง) ที่ความเร็วรถคงที่ จะทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของสารเคมีลดลง เนื่องจากเมื่อความดันสารเคมีเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการฉีกพัน (ฉีก/ไร้) ของแต่ละหัวฉีกเพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนของสารเคมีที่ตกลงบนพื้นเพิ่มขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของสารเคมีลดลง

สรุปผลการทดลอง

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับอัตราการฉีกพันสารเคมี เมื่อเพิ่มความเร็วรถที่ความดันสารเคมีคงที่ (ที่ความเร็วรอบเครื่องคงที่) จะทำให้อัตราการฉีกพันสารเคมีลดลง และเมื่อเพิ่มความดันสารเคมี (เพิ่มความเร็วรอบเครื่อง) ที่ความเร็วรถคงที่ จะทำให้อัตราการฉีกพันสารเคมีเพิ่มขึ้น

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมี เมื่อเพิ่มความเร็วรถที่ความดันสารเคมีคงที่ (ที่ความเร็วรอบเครื่องคงที่) จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมีลดลง และเมื่อเพิ่มความดันสารเคมี (เพิ่มความเร็วรอบเครื่อง) ที่ความเร็วรถคงที่ จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมีเพิ่มขึ้น

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของสารเคมี เมื่อเพิ่มความเร็วรถที่ความดันสารเคมีคงที่ (ที่ความเร็วรอบเครื่องคงที่) จะทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของสารเคมีเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มความดันสารเคมี (เพิ่มความเร็วรอบเครื่อง) ที่ความเร็วรถคงที่ จะทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของสารเคมีลดลง

จากผลการทดลอง เกี่ยวกับเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมีข้างต้นนั้น เป็นผลจากความเร็วรถและความดันสารเคมีซึ่งเป็นตัวแปรของการทดลอง แต่จากการทดลองนั้นจะมีปัจจัยอีกหลายอย่าง ที่ทำให้ความหนาแน่นของสารเคมีที่ตกลงบนพื้นนั้นเพิ่มขึ้นหรือลดลง ปัจจัยดังกล่าวนี้ได้แก่ ความเร็วลม สภาพอากาศ และสภาพพื้นที่ เช่น ถ้าการฉีกพันนั้นฉีกพันในสภาพที่มีลมแรง ลมจะพัดเอาละอองสารเคมีบางส่วนไป ทำให้ได้ความหนาแน่นของสารเคมีที่ตกลงบนพื้นที่จริงๆ น้อยกว่าที่ควรจะเป็น หรือถ้าทำการฉีกพันสารเคมีในวันที่มีอากาศร้อนจัด ความร้อนนั้นอาจจะทำให้ละอองสารเคมีระเหยกลายเป็นไอไป ทำให้จำนวนของสารเคมีที่ตกลงบนพื้นที่จริงๆ ลดลงได้ และจะเห็นอีกว่าในการทดลองนี้ไม่ได้ทดลองกับสภาพพื้นที่จริงๆ ซึ่งในพื้นที่เพาะปลูกจริงๆ นั้น พื้นดินอาจจะไม่ราบเรียบเหมือนพื้นคอนกรีต และในสภาพพื้นที่เพาะปลูกนั้น มีคันพืชที่อาจจะสูงต่ำไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของสารเคมี ที่ตกลงบนพื้นแตกต่างกันด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. ระบบท่อวาล์ว ป้อน, 2521, PIPING SYSTEM-VALVE-PUMP, บริษัท เอ็นแอนอี จำกัด
2. วิธีทรี อิงภากรณ์, 2521, การออกแบบเครื่องจักรกล, พิมพ์ครั้งที่ 10, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด
3. สมชัย บรรเทษฐิติโกณ, 2521, กลศาสตร์ของแข็งขั้นสูง, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. อำนวย ปิ่นงา, 2534, เครื่องจักรกลเกษตร, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5. J.E. SHIGLEY, 1977, "Mechanical Engineering Design", 3rd Ed., Mc Graw-Hill Book Co.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้