บทคัดย่อ

T 146417

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบการทำความเย็นข้าวเปลือกและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบกับการทำความเย็นข้าวเปลือกในไซโลขนาด 250 ตัน แบบจำลองแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ แบบจำลองการทำความเย็นอากาศ และแบบจำลองการทำความเย็นข้าวเปลือก แบบจำลองการทำความเย็นอากาศใช้วิธีแก้สมการแบบแทนค่าต่อเนื่องในการแก้สมการที่ได้จากการสมดุลมวลและพลังงาน และสมการการถ่ายเทความร้อนที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับสารทำความเย็น และสมการสมรรถนะของเครื่องอัดไอ เพื่อหาสภาวะอากาศหลังจากทำความเย็นแล้วนำไปแทนค่าในแบบจำลองการทำความเย็นข้าวเปลือก ที่พัฒนามาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบใกล้สมดุลสำหรับชั้นเมล็ดพืชอยู่กับที่ของ Soponronnarit [1] การจำลองการทำความเย็นข้าวเปลือกแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงการทำความเย็นและช่วงการทำความเย็นซ้ำ ในช่วงทำความเย็นจะลดอุณหภูมิข้าวเปลือกจากจุดเริ่มต้นจนถึง 20°C หลังจากนั้นจะทำความเย็นข้าวเปลือกซ้ำเมื่อข้าวเปลือกที่ทำความเย็นไว้มีอุณหภูมิเพิ่มจาก 20°C ไปเป็น 22°C จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองกับการทดลองพบว่าแบบจำลองสามารถทำนายสภาวะของอากาศก่อนเข้าเครื่องทำความเย็นได้ใกล้เคียงกับผลการทดลอง(±2°C), อุณหภูมิของข้าวเปลือกในแต่ละชั้นได้ค่าความถูกต้องอยู่ในช่วง (±3°C), การทำนายเวลาในการทำความเย็นใกล้เคียงกับการทดลอง และแบบจำลองสามารถทำนายพลังงานในการทำความเย็นได้ความถูกต้องในช่วงไม่เกิน 18% การประเมินค่าใช้จ่ายจากผลการจัดการทำงานของเครื่องทำความเย็นกับไซโลจำนวน 9 และ 13 ไซโล พบว่า ค่าใช้จ่ายในการทำความเย็นข้าวเปลือกจำนวน 9 ไซโลมีค่าใช้จ่ายรวม 41.77 บาทต่อตันข้าวเปลือก แบ่งเป็น ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน 31.22 บาทต่อตันข้าวเปลือก ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 0.89 บาทต่อตันข้าวเปลือก และค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง 9.66 บาทต่อตันข้าวเปลือก ค่าใช้จ่ายในการทำความเย็นข้าวเปลือกจำนวน 13 ไซโลมีค่าใช้จ่ายรวม 36.20 บาทต่อตันข้าวเปลือก แบ่งเป็น ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน, ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง เท่ากับ 28.90, 0.62 และ 6.69 บาทต่อตันข้าวเปลือก ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าอัตราค่าไฟฟ้าและอัตราดอกเบี้ยที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าใช้จ่ายในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น โดยอัตราค่าไฟฟ้ามีผลต่อค่าใช้จ่ายในการทำความเย็นมากที่สุด ส่วนอายุการใช้งานของเครื่องทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าใช้จ่ายในการทำความเย็นลดลง

คำสำคัญ: การทำความเย็น/ข้าวเปลือก/แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Abstract

TE 146417

The purpose of this thesis is to develop a mathematical model of paddy cooling system. The model is verified by comparing with experimental results of paddy cooling in a 250 ton-silo. It comprises two parts, i.e. a mathematical model for air cooling and a mathematical model for paddy cooling. The air cooling model uses successive substitution method to solve the equations which obtain from mass and energy balance and heat transfer between air and refrigerant at heat exchanger and performance equations for reciprocating compressor. The results of this air cooling model are temperature and relative humidity of cooling air which are used as an inputs in the cooling model, developed from near-equilibrium fixed bed model of Soponronnarit [1]. The paddy cooling model is divided into two parts: cooling and re-cooling. Paddy will be cooled from its initial temperature to 20°C in cooling part. It will be re-cooled when its temperature rises from 20°C to 22°C. The comparison results showed that the model predicted conditions of cooled air closely to experimental data within ±2°C, temperature of paddy in each layer within an accuracy of ±3°C, cooling time nearly to experiments, and cooling energy within 18% accuracy. The Results of estimative cooling costs from 9 and 13 silos operation management of the cooling system show that the cost of cooling paddy for 9 silos is found to be 41.77 baht/ton paddy. It comprises energy cost of 31.22 baht/ton paddy,maintainance cost 0.89 baht/ton paddy and investment 9.66 baht/ton paddy. The cost of cooling paddy for 13 silos is found to be 36.20 baht/ton paddy and it comprises energy, maintenance and investment costs of 28.90, 0.62 and 6.69 baht/ton paddy respectively. The results from economical analysis show that the cooling cost of paddy increase with electricity price and interest rate but decrease with life time of chiller. Comparing between all economic factors, the electricity price is most effective factor to the cooling cost of paddy.

Keywords: Cooling/Grain/Mathematical model