

การวิจัยและพัฒนาระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่ สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

The Research and Development on Air Conditioning System of Novel Wheelchair for Moving the Respiratory Disease Patients

ปริญญ์ เกียรติภัช^{1*}, อโนทัย สุขแสงพนมรุ่ง¹

วนชาติ บริสุทธิ์¹ และ วีระพันธ์ ค้วงทองสุข²

Parinya Kiatpachai^{1*}, Anotai Suksangpanomrung¹

Wanachart Borisut¹ and Weerapun Duangthongsuk²

¹กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า อำเภอเมือง นครนายก 26001

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ หอนงแวม กรุงเทพฯ 10160

ผู้นิพนธ์ประสานงาน : parinya.ki@crma.ac.th

วันที่รับบทความ: 14 ตุลาคม 2567 / วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1: 12 พฤศจิกายน 2567 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 26 พฤศจิกายน 2567

วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1: 15 พฤศจิกายน 2567

บทคัดย่อ การวิจัยและพัฒนาระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจเป็นการศึกษาเชิงเทคนิคสำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อสาธารณสุข ผลการศึกษาการออกแบบระบบปรับอากาศและการออกแบบโครงสร้างวีลแชร์รูปแบบใหม่ถูกนำเสนอได้ ดังนี้ ต้นแบบของโครงสร้างวีลแชร์รูปแบบใหม่สามารถหาวัสดุและติดตั้งได้ง่าย การออกแบบของโครงครอบที่ต่อเติมเป็นลักษณะไม่ทำลายโครงสร้างดั้งเดิม การวิเคราะห์ปริมาณการไหลของอากาศที่เหมาะสมโดยอ้างอิงจากปริมาณควันทันทีจากผู้ที่สูบบุหรี่ คือ 30 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที หรือ 0.0141 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ความเร็วอากาศเฉลี่ย 1.8 เมตรต่อวินาที) โดยใช้เป็นค่าออกแบบ ทั้งนี้ ผลการทดสอบความเร็วอากาศเฉลี่ยสำหรับวีลแชร์รูปแบบใหม่ในระบบปรับอากาศ ได้ผลการทดสอบความเร็วอากาศเฉลี่ยในช่วง 2.5-4 เมตรต่อวินาที ซึ่งทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดความเร็วลม และเมื่อคำนวณเป็นความดันสถิตได้เป็น 3.6 – 9.3 พาสคัล เพื่อยืนยันการประยุกต์ไปใช้งานจริงตามมาตรฐาน ยิ่งไปกว่านั้น วีลแชร์รูปแบบใหม่นี้มีการใช้งานที่ครอบคลุมทั้งรูปร่างและอายุของผู้ป่วย ดังนั้น รูปแบบวีลแชร์นี้จะสามารถเป็นต้นแบบเพื่อผลิตในปริมาณที่มากขึ้นเพื่อรองรับวิกฤตการณ์การติดเชื้อของโรคระบบทางเดินหายใจ

คำสำคัญ : อากาศ, วีลแชร์, ระบบปรับอากาศ, โรคระบบทางเดินหายใจ

Abstract The research and development on the air conditioning system of a novel wheelchair for moving the respiratory disease patients is the technical research for the air conditioning system designed to move the patients, it will benefit public health. The results of the study on the air conditioning system design and the design of the new wheelchair structure are proposed

as : The prototype of a novel wheelchair structure is built with materials that can be found and installed easily. The new frame structure design is added without destroying the original structure. This optimal air flow is based on the maximum value of cigarette smoke from the smoker , is 30 CFM or 0.0141 m³/s (average air velocity of 1.8 m/s), which is used as the design value. The result showed that average air velocity for novel wheelchair in air conditioning system is 2.5 - 4 m/s, it is tested by the Anemometer. They also is calculated as pressure drop of 3.6 – 9.3 Pa, which is confirmed for practical application as Standard. Moreover, it covers as using for both the shape and age of the patients. Therefore, this novel wheelchair can be a prototype to be produced in larger quantities to support the infectious crisis of respiratory disease.

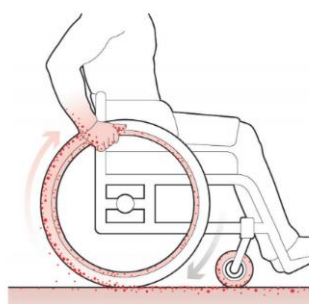
Keywords : air, wheelchair, air conditioning system, respiratory disease

1. บทนำและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องด้วย วิกฤตการณ์ของโรคอุบัติใหม่ที่ผ่าน มาทำให้กระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย มีการเตรียมความพร้อมทั้งกับโรกระบบทางเดินหายใจมากยิ่งขึ้น [1] งานวิจัยเรื่องการวิจัยและพัฒนาระบบปรับอากาศของวิลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบนวัตกรรมวิลแชร์สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ให้มีความปลอดภัยขณะลำเลียง ลดการแพร่เชื้อระหว่างผู้ป่วยกับบุคคลทั่วไป ทั้งนี้ ยังได้นำเสนอทฤษฎีและหลักการของระบบปรับอากาศเพื่อประยุกต์ใช้กับวิลแชร์รูปแบบใหม่ การออกแบบระบบปรับอากาศและสร้างวิลแชร์รูปแบบใหม่ นี้จะถูกศึกษาและวิจัยเพื่อสร้างต้นแบบของวิลแชร์รูปแบบใหม่เพื่อประยุกต์ใช้งานจริง



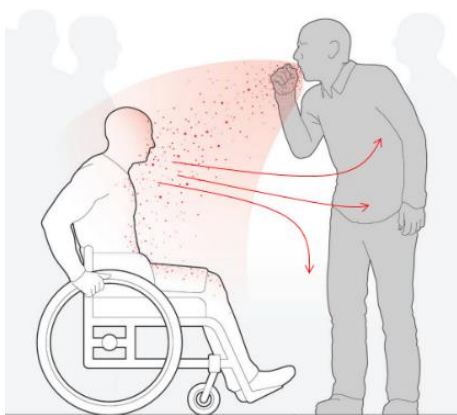
รูปที่ 1 ส่วนประกอบต่างๆ ของวิลแชร์สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย [2]



รูปที่ 2 ลักษณะการสัมผัสเชื้อโรคผ่านล้อวิลแชร์ [1]

การวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ทางการแพทย์เพื่อตอบสนองสถานการณ์โควิด-19 จึงเป็นเรื่องสำคัญ หนึ่งในอุปกรณ์ทางการแพทย์ [2] คือ วิลแชร์ (Wheelchair) หรือ เก้าอี้รถเข็น ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1 วิลแชร์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้ผู้พิการหรือผู้ป่วยที่มีปัญหาในการเคลื่อนไหวของร่างกาย ทำให้พึ่งพาตัวเองได้มากขึ้น ทั้งยังอำนวยความสะดวกและลดข้อจำกัดในการทำสิ่งต่างๆ งานวิจัยนี้ยังเป็นการศึกษาเชิงเทคนิคสำหรับการออกแบบและหลักการของระบบปรับอากาศของวิลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ จึงถือเป็นทางเลือกหนึ่งของการพัฒนาอุปกรณ์ทางการแพทย์เพื่อตอบสนองการใช้ประโยชน์ต่อแนวโน้มสถานการณ์การ

แพร่ระบาดของโรคระบบทางเดินหายใจ รวมถึงจะมีการนำระบบ HVAC มาพัฒนาเพื่อออกแบบและแนะนำการสร้างวิลแชร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [3-4] การวิจัยและพัฒนาวิลแชร์เพื่อเพิ่มศักยภาพให้เข้ากับสถานการณ์เป็นเรื่องท้าทายต่อนักวิจัย วิศวกร และอื่นๆ ผลการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิลแชร์ ดังรายงานใน [5] ซึ่งแสดงพฤติกรรมให้เห็นถึงโอกาสและความเสี่ยงการติดเชื้อแพร่เชื้อโรคของผู้ป่วย รวมถึงลักษณะของการสัมผัสระหว่างมือกับวิลแชร์และโอกาสของการผู้ป่วยที่สามารถแพร่เชื้อให้กับบุคคลโดยรอบผ่านตัวกลาง คือ อากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 ด้วยเหตุนี้ จึงถูกนำมาพิจารณาการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับวิลแชร์รูปแบบใหม่



รูปที่ 3 ลักษณะการแพร่เชื้อโรคผ่านอากาศ [5]

Adeyeri และคณะ [6] ยังศึกษาและนำเสนอวิลแชร์สำหรับผู้ป่วยอัมพาตเพื่อประยุกต์ใช้กับสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ทั้งนี้ ได้ออกแบบให้สามารถปรับโครงสร้างวิลแชร์จากทำนึ่งเป็นในลักษณะนอนราบได้เพื่อสะดวกต่อการขนย้าย ดังแสดงในรูปที่ 4 เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ได้ประดิษฐ์รถเข็นเอกซเรย์ที่สามารถ

ปรับนั่งและนอนได้โดยลดการสัมผัสระหว่างเจ้าหน้าที่กับผู้ป่วยโรคโควิด-19 [7] ดังแสดงในรูปที่ 5

ทั้งนี้ [8] ยังได้ศึกษาวิลแชร์ติดตั้งอุปกรณ์ฟอกอากาศและปรับสภาวะภายในให้กลายเป็นความดันลบ (Negative Pressure) ทั้งนี้ ระบบปรับอากาศทำให้เกิดความดันลบแบบสมบูรณ์ จะนำ “อากาศสะอาด” หรือที่เรียกว่า “Fresh Air 100 %” เดิมเข้าสู่ระบบ (หรือปริมาตรควบคุม) ตลอดเวลา รวมถึงได้จากช่องตามจุดต่าง ๆ รอบระบบ อากาศในห้องผู้ป่วยที่มีเชื้อโรคจะถูกดูดออกจากระบบผ่านตัวกรองและผ่านแผ่นกรองอากาศ (ฟิลเตอร์) ซึ่งสามารถกรองอนุภาคได้ละเอียดถึง 0.1 ไมครอน ขณะที่เชื้อไวรัสโควิดมีขนาดเล็กถึง 0.125 ไมครอน โดยไม่นำอากาศเดิมภายในระบบที่มีเชื้อโรคกลับมาวนใช้ซ้ำ

ผลการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ากลุ่มนักวิจัย [5-8] ได้ทำการศึกษาปัจจัยและสาเหตุความเสี่ยงของโอกาสการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 จากการใช้วิลแชร์ รวมถึงการศึกษาวิจัยอุปกรณ์ทางการแพทย์เพื่อลดการสัมผัสผู้ป่วยโรคโควิด-19 ด้วยเหตุนี้ การปรับปรุงลักษณะของวิลแชร์และการนำความรู้ทางวิศวกรรมมาพัฒนาระบบปรับอากาศยังเป็นเรื่องที่ทำนายและควรนำมาต่อยอดการวิจัยและพัฒนาในประเทศไทยในสถานการณ์ปัจจุบัน เพื่อรองรับโรคติดเชื้อทางระบบทางเดินหายใจในอนาคตหรือโรคอุบัติใหม่ ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ทุกเมื่อ



รูปที่ 4 วิลแชร์ที่สามารถปรับลักษณะจากการนั่งเป็นในรูปแบบการนอน [6]



รูปที่ 5 รถเข็นเอกซเรย์ที่สามารถปรับทำนั่งเป็นท่านอนได้เพื่อลดการสัมผัสผู้ป่วย [7]

2. ทฤษฎี

การออกแบบการลำเลียงอากาศ จะนำเสนอในตัวอย่างของผลต่างความดัน จาก สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) ดังแสดงในสมการที่ 1

$$dm = \sum \delta \dot{m}_{in} - \sum \delta \dot{m}_{out} \quad (1)$$

เมื่อ $\dot{m}$ = อัตราการไหลเชิงมวล, kg/s

มวลสะสมในระบบจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของผลรวมของมวลขาเข้ากับผลรวมมวลขาออก ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ ดังสมการที่ 2

[มวลสะสมในระบบ] =

$$[\text{ผลรวมและมวลขาเข้า}] - [\text{ผลรวมและมวลขาออก}] \quad (2)$$

มวลสะสมในระบบ

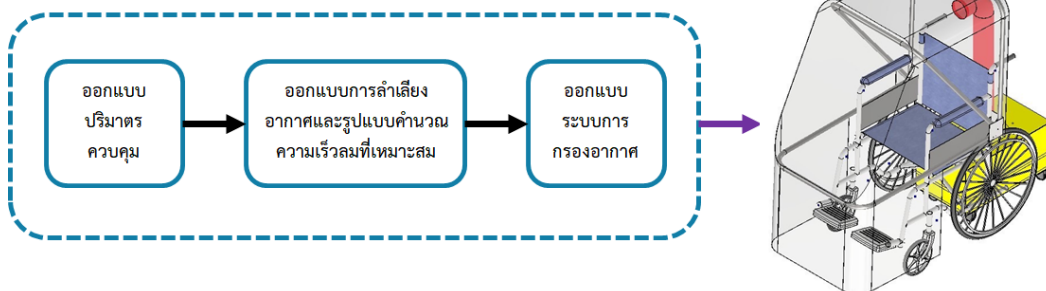
$$\sum \delta \dot{m}_{in} \left\{ \begin{array}{c} \rightarrow \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right\} \boxed{dm} \left\{ \begin{array}{c} \rightarrow \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right\} \sum \delta \dot{m}_{out}$$

ผลรวมของมวลขาเข้า

ผลรวมของมวลขาออก

รูปที่ 6 มวลสะสมในระบบ

การออกแบบนวัตกรรมของวิลแชร์สำหรับการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคระบบทางเดินหายใจ จะออกแบบต้นแบบ ขนาดกระบวนการทำงาน รูปแบบการคำนวณเพื่อออกแบบปริมาตรการไหลของอากาศ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างสมบูรณ์ เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตในอนาคตได้โดยง่าย ซึ่งการออกแบบจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังแสดงเป็นไดอะแกรมในรูปที่ 7 ซึ่งการออกแบบปริมาตรควบคุมจะควบคุมโดยขนาดของรูปร่างชายไทยตามมาตรฐานของวิลแชร์ที่มีการผลิตภายในประเทศ สำหรับการออกแบบการลำเลียงอากาศ จะนำเสนอในรูปของผลต่างความดันจาก สมการความต่อเนื่อง และ สมการแบร์นูลลี (Bernoulli's Equation)



รูปที่ 7 ไดอะแกรมการออกแบบนวัตกรรมวิลแชร์

รวมถึงการวิเคราะห์ความเร็วของอากาศที่อ้างอิงจากปริมาณการปล่อยควันบุหรี่ของมนุษย์ โดยการนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาระบายภายในปริมาตรควบคุมสุดท้ายนี้ การออกแบบระบบการกรองอากาศจะพิจารณาจากอากาศบริสุทธิ์ที่เข้ามาแทนที่อากาศภายในปริมาตรควบคุม ทำให้เกิดการไหลเข้าของอากาศและเกิดการไหลเวียนและถ่ายเทอากาศภายในปริมาตรควบคุม

สำหรับโครงการในลักษณะนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์นี้ จะเป็นการออกแบบโครงสร้าง รูปแบบขนาด และอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบเข้าด้วยกัน ทั้งนี้ อัตราการระบายอากาศ “Air Change” จะถูกกำหนดและออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานสาธารณสุข ทั้งนี้ จะสอดคล้องกับการออกแบบอัตราการไหลของอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาโดยมีการคำนวณในรูปของความเร็วอากาศเฉลี่ย ดังนั้น ก็จะได้นวัตกรรมวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

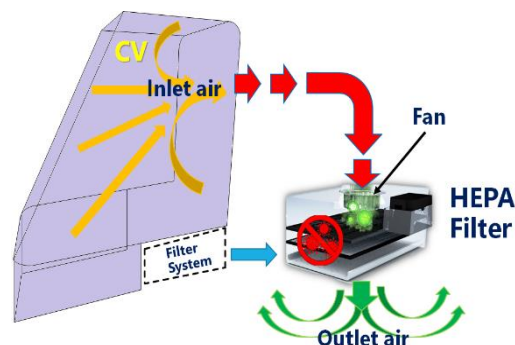
3. หลักการออกแบบและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การออกแบบระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

3.1.1 การวิเคราะห์ปริมาตรควบคุม (Control Volume, CV)

การป้องกันการรั่วไหลของอากาศติดเชื้อภายในปริมาตรควบคุม (Control Volume, CV) โดยต้องออกแบบและวิเคราะห์ปริมาตรควบคุมให้เหมาะสมกับระบบดูดอากาศ ทั้งนี้ การวิเคราะห์ลักษณะของวีลแชร์เพื่อพิจารณาขอบเขตของปริมาตรควบคุมจะเป็นขั้นต้นของการออกแบบอัตราการไหลของอากาศ การออกแบบปริมาตรควบคุมจะควบคุม แผนภาพระบบการทำงาน

ของระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ที่ประกอบด้วยปริมาตรควบคุม (CV) พัดลม (Fan) ชุดระบบกรองอากาศหรือฟอกอากาศ (Air Filter System) ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนภาพระบบปรับอากาศกับขอบเขตปริมาตรควบคุมของวีลแชร์

อย่างไรก็ตาม การออกแบบและวิเคราะห์ปริมาตรควบคุมกำหนดให้มีลักษณะการทำงานเหมือนห้องความดันลบ (Negative Pressure Room) ที่วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย [9] กำหนดไว้ ดังนี้

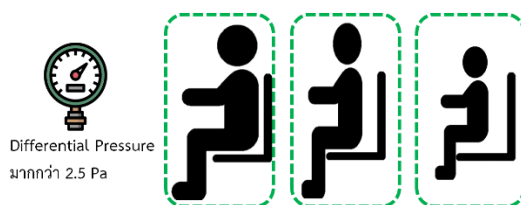
- ปริมาณการถ่ายเทอากาศ >12 ACH
- ผลต่างของความดันมากกว่า 2.5 Pa หรือ N/m^2
- อุณหภูมิภายในและภายนอก ต่างกันไม่เกิน $2^{\circ}C$
- ความชื้นสัมพัทธ์ 50-65% RH

หมายเหตุ :

- ACH (Air Changes per Hour หรือ จำนวนรอบของการไหลเวียนอากาศต่อชั่วโมง) เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการตรวจสอบว่าห้องมีคุณภาพอากาศที่ดีและมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

- RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คือ อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศต่อปริมาณไอน้ำอิ่มตัวที่สภาวะความดันและอุณหภูมิเดียวกัน
- ข้อระมัดระวังการต่อท่อลมกับพัดลมจะต้องไม่ให้เกิดการรั่วโดยเด็ดขาด (การทดสอบการรั่วทำได้โดยให้เปิดพัดลมแล้วตรวจสอบบริเวณรอยต่อโดยการใช้ฟองสบู่หรือโฟมล้างมือทำความสะอาด)
- ความหนาของพลาสติกที่กำหนดให้ใช้ ไม่น้อยกว่า 500 ไมครอนหรือ (0.5 มิลลิเมตร) เพื่อป้องกันการรั่วไหลตามมาตรฐานอุตสาหกรรมรองรับ

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณควบคุม ยังต้องพิจารณาถึงรูปร่างของผู้ป่วยที่อยู่ภายในปริมาณควบคุมด้วย เพื่อการออกแบบที่ครอบคลุม ซึ่งปริมาณอากาศภายในปริมาณควบคุมอาจจะส่งผลต่อการระบายอากาศภายในปริมาณควบคุม ซึ่งการออกแบบปริมาณควบคุม (Control Volume, CV) จะครอบคลุมตามมาตรฐานรูปร่างขนาดของคนไทย ซึ่งพิจารณาจากวิลแชร์ที่สร้างตามรูปร่างคนไทยตามมาตรฐานของวิลแชร์ที่มีการผลิตภายในประเทศ หลักการดูดอากาศให้มีผลต่างของความดันระหว่างปริมาณควบคุมกับสิ่งแวดล้อมภายนอกมากกว่า 2.5 Pa ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ลักษณะปริมาณอากาศภายในปริมาณควบคุม

3.1.2 การวิเคราะห์การปรับอากาศ (Air Conditioning)

ทั้งนี้ การรายงานผลการวิจัยของ [10] วิเคราะห์จากผู้สูบบุหรี่ที่พ่นปริมาณควันบุหรี่ออกมา และการนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาระบายในปริมาณ 15-30 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ต่อคน (เมื่อ 1 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที เทียบเท่า 0.00047 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) ซึ่งทำให้เป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบอัตราการไหลของอากาศ

การคำนวณการไหลของอากาศในระบบปรับอากาศถูกกำหนดให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการนำอากาศติดเชื้อลำเลียงให้ไหลผ่านระบบกรองอากาศจากปริมาณควบคุม (CV) ผ่านทางเข้า (ตำแหน่งที่ 1) และทางออก (ตำแหน่งที่ 2) จะต้องพิจารณาทั้งความเร็วอากาศทางเข้า (V_1) กับความเร็วอากาศทางออก (V_2) และความดันของอากาศทางเข้า (P_1) กับ ความดันของอากาศทางออก (P_2) โดยนำเสนอในรูปของผลต่างความดัน (ΔP) สมการความต่อเนื่อง และ สมการแบร์นูลลี (Bernoulli's Equation) ถูกนำมาจัดรูปใหม่ เพื่อสามารถคำนวณหาผลต่าง ความดันโดยแทนค่าด้วยความเร็วอากาศทางออก (V_2) ได้ดังสมการที่ (3)

สมการแบร์นูลลี

$$\frac{P_1}{\rho_1 g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho_2 g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \quad (3)$$

เมื่อ P = ความดัน, N/m^2

ρ = ความหนาแน่น, kg/m^3

V = ความเร็วอากาศ, m/s

Z = ระดับความสูง, m/s

เมื่อตำแหน่ง 1 และตำแหน่ง 2 อยู่ในระนาบเดียวกัน ทำให้ z_1 เท่ากับ z_2 จะพิจารณาได้ดังสมการที่ (4)

$$\frac{P_1}{\rho_1 g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho_2 g} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (4)$$

และกำหนดให้ความเร็วของอากาศที่ตำแหน่ง 2 มีความเร็วมากกว่าตำแหน่ง 1 มาก ๆ ดังนั้น จะแสดงได้ดังสมการที่ (5)

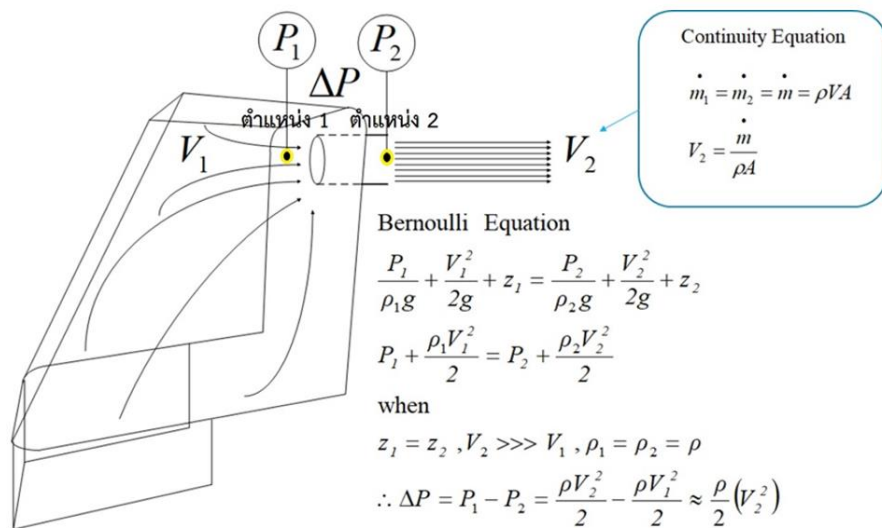
$$\frac{P_1}{\rho_1 g} = \frac{P_2}{\rho_2 g} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (5)$$

และกำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศคงที่

ไม่เปลี่ยนแปลงและจัดสมการให้อยู่ในรูปแบบผลต่างของความดัน ดังสมการที่ (6)

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{\rho V_2^2}{2} \quad (6)$$

ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 10 ทั้งนี้ สมการที่ (7) จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของความดันตำแหน่ง 1 และตำแหน่ง 2 กับความเร็วของอากาศที่ตำแหน่ง 2



รูปที่ 10 สมการผลต่างความดันจากความสัมพันธ์ของสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลี

การพิจารณาอัตราการไหลของอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาระบายในปริมาตร 15-30 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ต่อหนึ่งคน โดยการออกแบบจะวิเคราะห์ที่ค่าสูงสุด คือ 30 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที เพื่อเป็นการออกแบบที่ครอบคลุมของการระบายอากาศของผู้สูบบุหรี่ที่ปล่อยปริมาณควันบุหรี่สูงสุด จะเท่ากับ 0.0141 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังนั้น การออกแบบจะกำหนดให้ความเร็วอากาศเฉลี่ยอย่างน้อย 1.8 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของความเร็วอากาศเฉลี่ยกับการระบายอากาศผ่านท่อลำเลียง

อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m ³ /s)	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m)	พื้นที่หน้าตัดท่อ (m ²)	ความเร็วเฉลี่ย (m/s)
0.0141	0.1	0.00785	0.1796 or ≈ 1.8

ทั้งนี้ ผลการทดสอบความเร็วอากาศเฉลี่ยด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ได้ผลการทดสอบความเร็วอากาศเฉลี่ยในช่วง 2.5-4 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าการออกแบบที่ 1.8 เมตรต่อวินาที เพื่อขึ้นชั้นการนำไปใช้งานจริงได้ และให้ผลต่างของความดันเป็น 3.6 - 9.3 Pa ซึ่งมีค่ามากกว่า 2.5 Pa ตามการออกแบบห้องความดันลบที่วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยกำหนด

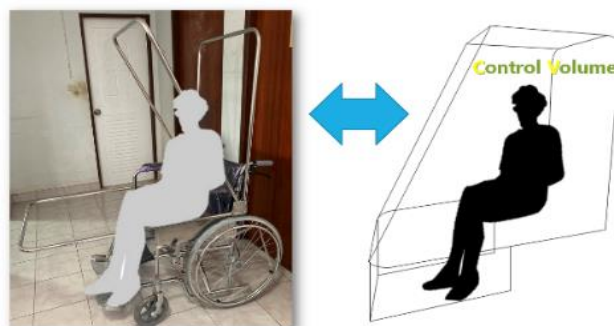
การออกแบบ โครงครอบวีลแชร์ที่ต่อเติม เพื่อให้มีขอบเขตของปริมาตรควบคุมตามลักษณะการนั่งของผู้ป่วยบนวีลแชร์รูปแบบใหม่สามารถแสดงได้ในรูปที่ 11 ทั้งนี้ โครงครอบที่ต่อเติมของวีลแชร์สามารถเปิดและปิดได้ รวมถึงการออกแบบให้เข้ากับสรีระของร่างกาย ดังแสดงในรูปที่ 12, 13 และ 14 ตามลำดับ



รูปที่ 11 โครงสร้างเพื่อกำหนดปริมาตรควบคุมสำหรับวีลแชร์รูปแบบใหม่



รูปที่ 12 ลักษณะโครงสร้างวีลแชร์รูปแบบใหม่



รูปที่ 13 ปริมาตรควบคุมกับลักษณะโครงสร้างวีลแชร์รูปแบบใหม่



รูปที่ 14 โครงสร้างวีลแชร์รูปแบบใหม่ถูกออกแบบให้เปิดและปิดได้

3.1.3 การวิเคราะห์การระบายอากาศ (Air Ventilation)

การออกแบบให้ความดันภายในปริมาตรควบคุมมีความดันที่ต่ำกว่าภายนอกหรือสิ่งแวดล้อมส่งผลให้อากาศโดยรอบปริมาตรควบคุมสามารถไหลผ่านเข้ามาตามช่องว่างต่าง ๆ ได้ แต่อากาศที่ติดเชื้อมีอยู่ในปริมาตรควบคุมจะไม่สามารถไหลผ่านออกมาได้เนื่องจากของไหลที่มีความดันที่สูงกว่าจะไหลไปยังที่ต่ำกว่าเสมอ ด้วยเหตุนี้ ส่งผลให้อากาศติดเชื้อที่อยู่ภายใน

ปริมาตรควบคุม ก็จะไม่มีรั่วไหลออกมา อีกทั้ง อากาศบริสุทธิ์ก็จะเข้ามาแทนที่อากาศภายในปริมาตรควบคุม ทำให้เกิดการไหลเข้าของอากาศและเกิดการไหลเวียนและถ่ายเทภายในปริมาตรควบคุม ทั้งนี้ อัตราการระบายอากาศ “Air Change” จะถูกกำหนดและออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐาน วสท.3010 และมาตรฐาน “ASHRAE” Standard 62.1 เป็นต้น เมื่ออากาศผ่านท่อลำเลียงมายังชุดกรองอากาศ โดยกรองอากาศต้องได้มาตรฐาน ซึ่งมีรายละเอียดของกรองอากาศ คือ แผ่นกรองอากาศคุณภาพสูงจะทำมาจากเส้นใยไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) ถักจนมีขนาดเล็กมาก ๆ ทำให้มีความสามารถในการกรองอนุภาคนาโนขนาดเล็กมาก ๆ (Small Particles) ให้ได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมและสาธารณสุข แผ่นกรองอากาศจะสามารถกรองฝุ่นละอองที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 0.10 ไมครอน ได้ ซึ่งมาตรฐานนี้ถูกกำหนดขึ้นเป็น ASHRAE Standard 52.2 เรียกว่าได้ว่าเชื้อไวรัส แบคทีเรียต่าง ๆ ที่ต้องลอยอยู่บนอากาศ ก็จะไม่สามารถเล็ดลอดผ่านแผ่นกรองออกไปข้างนอกได้ มีแต่เพียงอากาศเท่านั้นที่สามารถผ่านแผ่นกรองอากาศนี้ออกไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 15 ซึ่งไปกว่านั้น การออกแบบให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมและเน้นการอนุรักษ์พลังงาน จะส่งผลให้วีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจมีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 15 ชุดระบบกรองอากาศ

3.1.4 การใช้พลังงานโดยระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System)

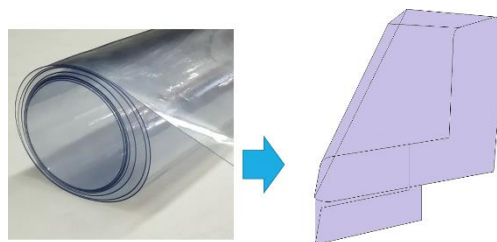
วีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยติดเชื้อโควิด-19 และผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจจะใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำงานของมอเตอร์พัฒนาสำหรับการดูดอากาศภายในปริมาณควบคุม โดยเลือกใช้ APC BV1000I-MS Back-UPS 1100VA ซึ่งเป็นเครื่องสำรองไฟฟ้าแบบ Line Interactive UPS สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ช่วยปกป้องงานที่กำลังทำอยู่ระหว่างไฟฟ้าดับ ซึ่งทำหน้าที่เป็นแบตเตอรี่ (ทั้งนี้ สามารถสำรองไฟฟ้าได้นานถึง 30 นาที) ดังแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ 16 แบตเตอรี่สำหรับประยุกต์ใช้กับวีลแชร์

3.1.5 การใช้แผ่นพลาสติกใสสำหรับปริมาณควบคุม (Transparent Plastic Sheet)

แผ่นพลาสติกใสพีวีซี ความหนา 500 ไมครอน หรือ 0.50 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานการสร้างห้องความดันลบจากการระบุงจากคู่มือการใช้ห้องความดันลบของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) Engineering Institute of Thailand ดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 17 แผ่นพลาสติกใสพีวีซี

3.1.6 การใช้ท่อลำเลียงอากาศ (Flexible Duct Hose) ท่อลำเลียงอากาศหรือท่อลูมินีเยมฟอยล์ ดังแสดงในรูปที่ 18 ที่ใช้สำหรับดูดอากาศจากปริมาณควบคุมและลำเลียงอากาศไปยังชุดกรองโดยมีแผ่นกรองอากาศคุณภาพสูงทำมาจากเส้นใยไฟเบอร์กลาส Fiberglass) ถักจนมีขนาดที่เล็กมากๆ ทำให้มีความสามารถในการกรองอนุภาคนาโนขนาดเล็ก (Small Particles) ให้ได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม



รูปที่ 18 ท่อลูมินีเยมฟอยล์

ทั้งนี้ ความเร็วอากาศจะถูกทดสอบด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ที่มีความแม่นยำ $\pm 3\%$ ดังแสดงในรูปที่ 19



รูปที่ 19 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) และ

ตำแหน่งพิกัดในการวัดความเร็วลม 3 จุด บน

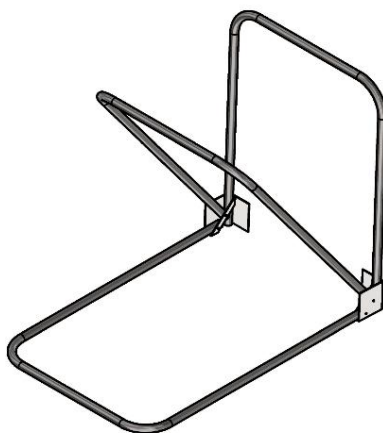
พื้นที่หน้าตัดท่อลำเลียงอากาศ

3.2 ดันแบบวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

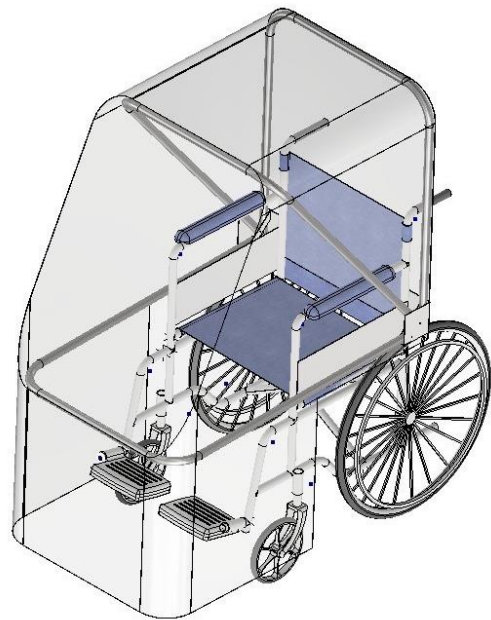
รูปที่ 20 แสดงชุดโครงสร้างวีลแชร์ที่เพิ่มเติมหรือติดตั้งโครงครอบผู้ป่วย ซึ่งสามารถเปิดและปิดได้ โครงครอบผู้ป่วยทำจากท่อสแตนเลส (stainless) ดังแสดงในรูปที่ 21 ทั้งนี้ โครงครอบผู้ป่วยจะถูกปกคลุมด้วยแผ่นพลาสติกใสพีวีซี ซึ่งปริมาตรภายในนั้นจะถูกกำหนดให้เป็นปริมาตรควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 22



รูปที่ 20 ชุดโครงสร้างวีลแชร์ที่ติดตั้งโครงครอบผู้ป่วย



รูปที่ 21 โครงครอบผู้ป่วย



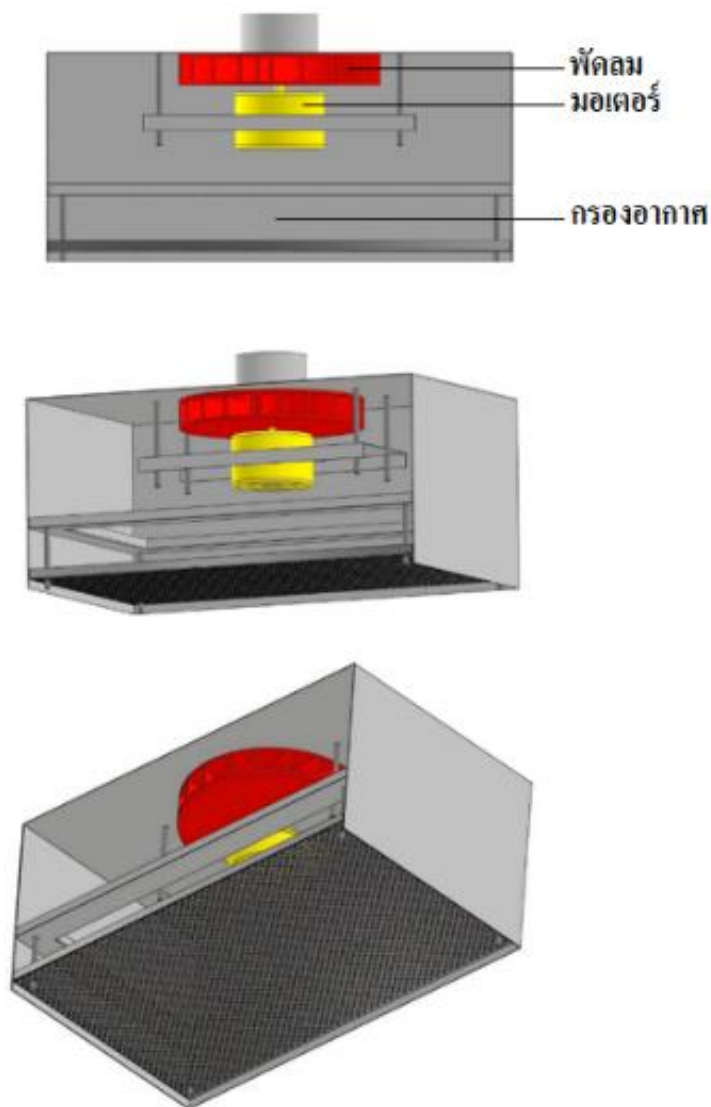
รูปที่ 22 โครงครอบผู้ป่วยที่ปกคลุมด้วยแผ่นพลาสติกใสพีวีซี



รูปที่ 23 ชุดท่อลำเลียงอากาศ

รูปที่ 23 แสดงลักษณะท่อลำเลียงอากาศโดยที่ทางเข้าจะอยู่ด้านบนและทางออกอยู่ด้านล่างเพื่อที่จะเข้าสู่ชุดกรองอากาศต่อไป ทั้งนี้ การออกแบบสามารถใช้เป็นท่ออุโมงค์นิยมนฟอยล์ได้เช่นเดียวกัน

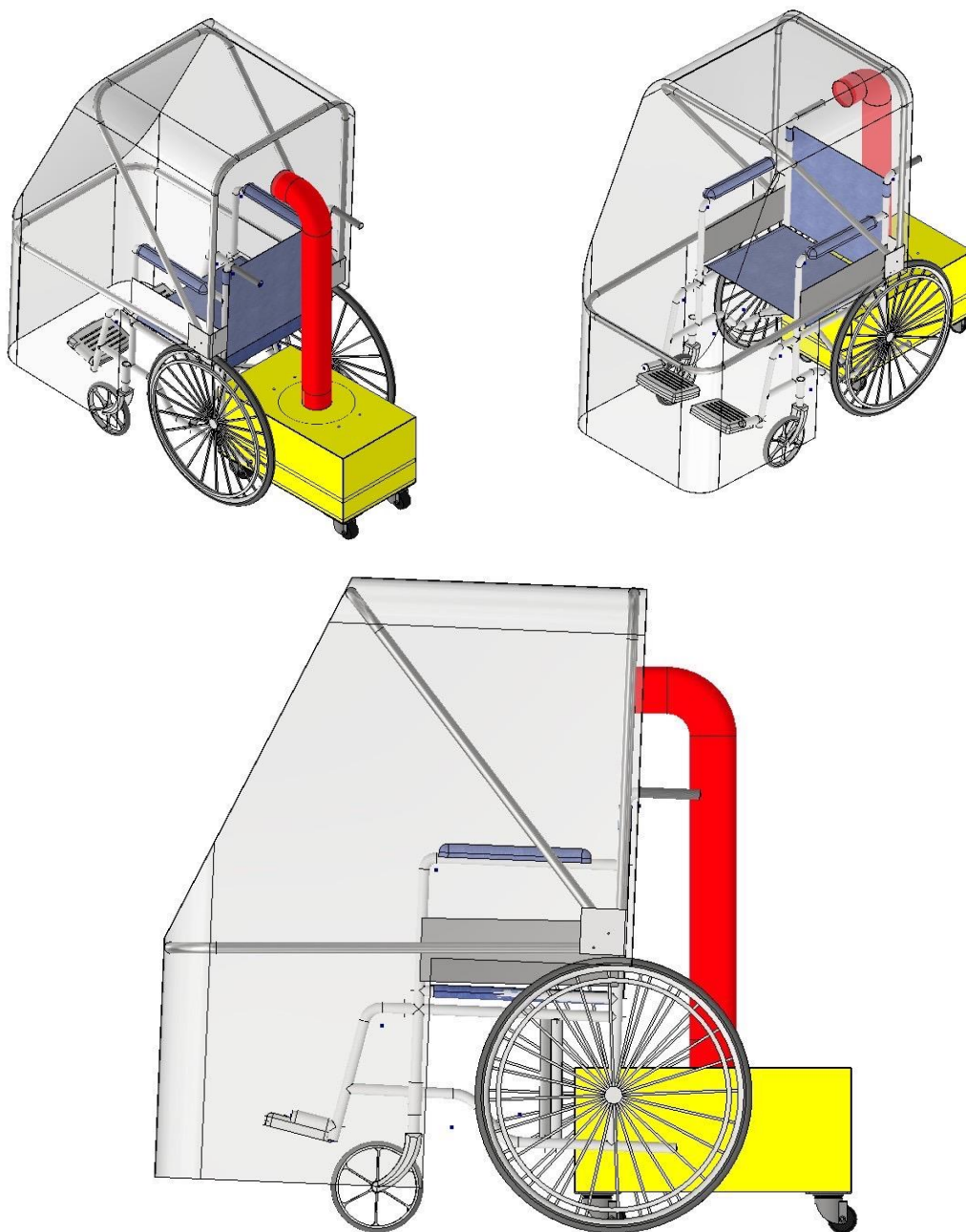
รูปที่ 24 แสดงลักษณะของชุดระบบกรองอากาศที่เป็น
กล่องสี่เหลี่ยม ซึ่งประกอบด้วย มอเตอร์ พัดลม และ
กรองอากาศ โดยพัดลมจะทำงานในลักษณะดูดอากาศ
ให้ไหลผ่านแผ่นกรอง ซึ่งแผ่นกรองอากาศจะมีอายุการ
ใช้งาน 3 - 6 เดือน ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน



รูปที่ 24 ชุดระบบกรองอากาศ

รูปที่ 25 แสดงการประกอบชุดโครงสร้างวีลแชร์ที่เพิ่มเติมโครงครอบผู้ป่วย ชุดลำเลียงอากาศ และชุดระบบกรองอากาศ เข้าด้วยกันซึ่งจะเป็นนวัตกรรมหรือ

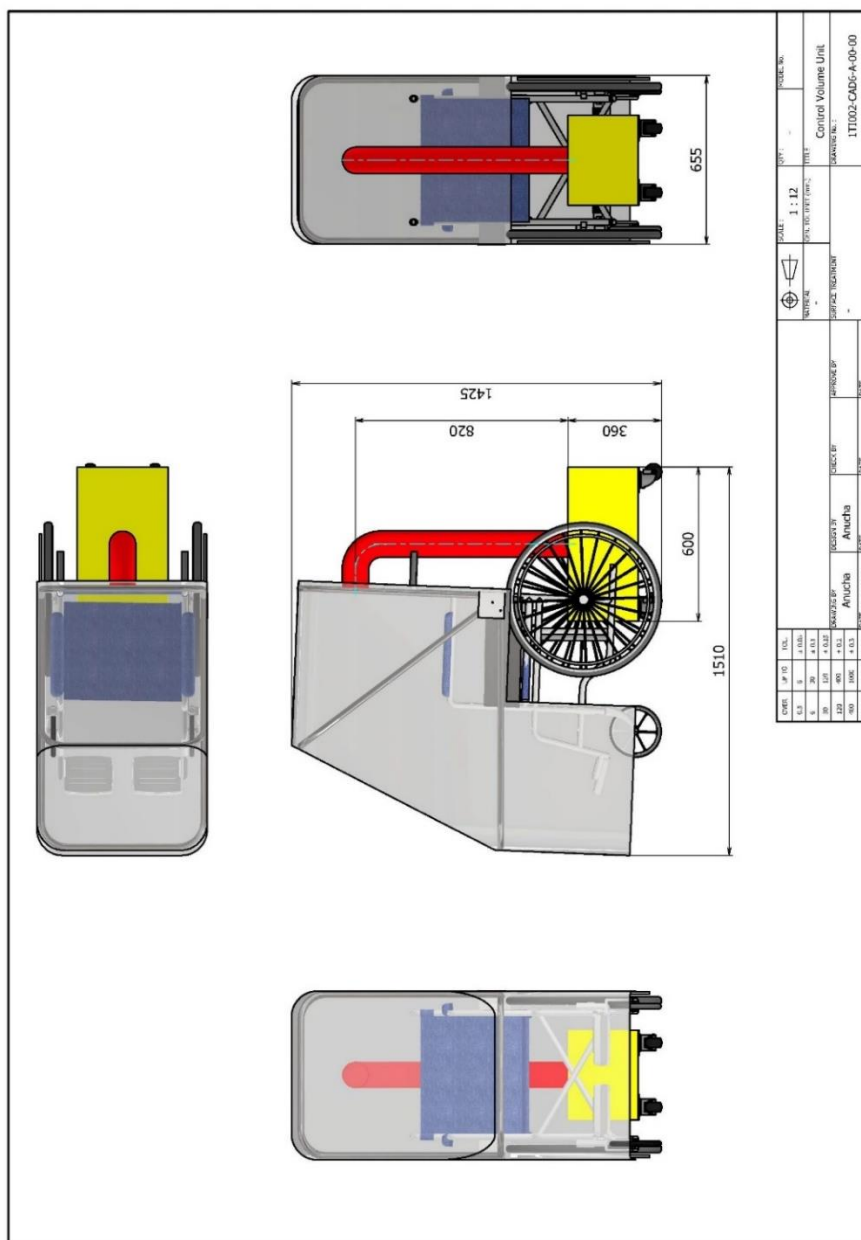
สิ่งประดิษฐ์ของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ



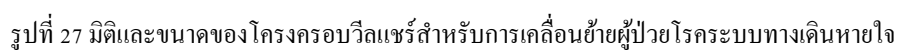
รูปที่ 25 นวัตกรรมวีลแชร์สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

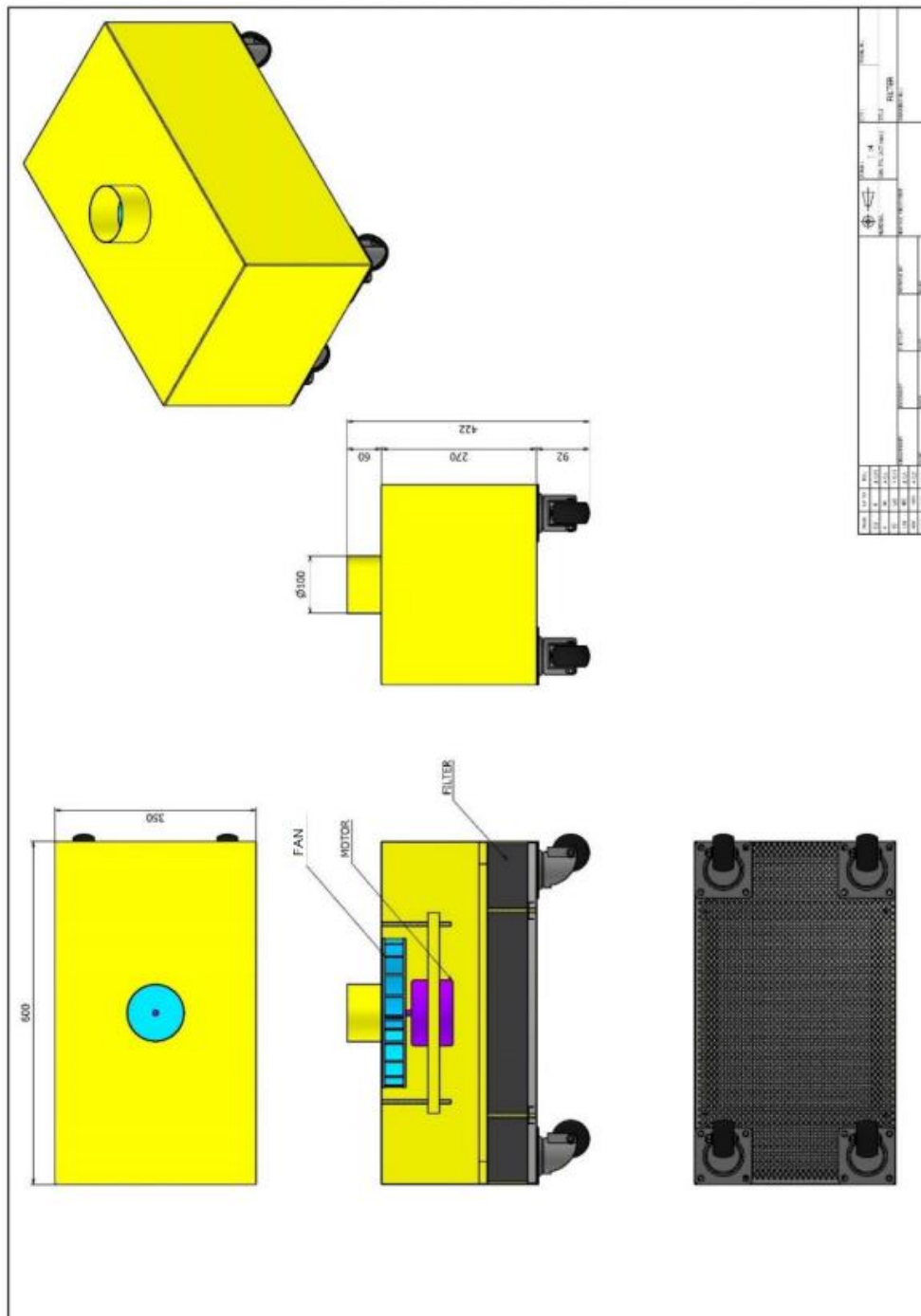
4. มิติและขนาดต้นแบบนวัตกรรมวีลแชร์
สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดิน
หายใจ

มิติและขนาดต้นแบบนวัตกรรมวีลแชร์แสดงได้ ดังในรูปที่ 26, 27 และ 28



รูปที่ 26 มิติและขนาดของต้นแบบนวัตกรรมวีดิทัศน์สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ





รูปที่ 28 มิติและขนาดของชุดระบบกรองอากาศ

และต้นแบบนวัตกรรมวีลแชร์สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ยังได้ถูกจัดแสดงในงานนวัตกรรมและวิจัยของนักเรียนนายร้อย และอาจารย์โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ประจำปี 2566 ดังแสดงในรูปที่ 29 และ 30



รูปที่ 29 ต้นแบบนวัตกรรมวีลแชร์



รูปที่ 30 สาธิตการใช้งานต้นแบบนวัตกรรมวีลแชร์

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 การศึกษาและวิจัยระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจนี้เป็นการศึกษาเชิงเทคนิคเพื่อสร้างนวัตกรรมวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคระบบทางเดินหายใจ การออกแบบโครงสร้างและการนำเสนอระบบปรับอากาศที่ติดตั้งกับวีลแชร์รูปแบบใหม่ รวมถึงการวิเคราะห์และคำนวณอัตราการไหลของอากาศถูกอธิบายเพื่อประโยชน์ในการต่อยอดการประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถสรุปได้ คือ

5.1.1 การออกแบบปริมาตรควบคุมของวีลแชร์รูปแบบใหม่มีนัยสำคัญต่อการคำนวณความเร็วเฉลี่ยของอากาศเพื่อลำเลียงผ่านชุดกรองอากาศ เมื่อปริมาตรควบคุมมากความเร็วเฉลี่ยของอากาศจะต้องสูงขึ้นตามแต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาและวิจัยนี้ได้ออกแบบเชิงวิศวกรรมและการวิเคราะห์ปริมาตรการไหลของอากาศที่เหมาะสมโดยอ้างอิงจากค่ามากที่สุดจากผู้ทดสอบหรี คือ 0.0141 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือ ความเร็วอากาศเฉลี่ยอย่างน้อย 1.8 เมตรต่อวินาที

5.1.2 ต้นแบบวีลแชร์รูปแบบใหม่ที่มีการออกแบบระบบปรับอากาศตามมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยกำหนดเพื่อนำมาประยุกต์สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยติดเชื้อโควิด-19 และผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ถูกนำเสนอในรูปแบบขั้นตอนการออกแบบ กระบวนการทำงาน และแบบทางวิศวกรรมเพื่อใช้ในการผลิตได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การออกแบบเชิงวิศวกรรมของวีลแชร์รูปแบบใหม่นี้ถูกออกแบบให้สามารถหาวัสดุ และติดตั้งได้ง่าย รูปแบบการออกแบบของโครงสร้างที่ต่อ

เดิมขึ้นมาโดยไม่ต้องทำลายโครงสร้างดั้งเดิม ซึ่งเป็นรูปแบบที่ไม่ซับซ้อนและสามารถผลิตได้ในปริมาณมาก

5.2.2 การออกแบบรูปลักษณะของวีลแชร์รูปแบบใหม่ควรให้มีความทันสมัยและน้ำหนักเบามากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนพัฒนาโรงเรียนนายร้อย พระจุลจอมเกล้า กองทัพบก และ ผศ. สิทธิชัย วงศ์ธนสุภรณ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และ บริษัท เอ.ซี.เทค จำกัด ที่ให้การสนับสนุนชุดกรองอากาศ รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และกำลังพล กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อย พระจุลจอมเกล้า สำหรับการสนับสนุนการดำเนินการวิจัยจนครบถ้วนสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, “รายงานสถานการณ์โควิด-19”, เว็บไซต์ <https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/> (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ส.ค. 67)
- [2] HY. Ko, Wheelchairs and Wheelchair Mobility in Spinal Cord Injuries, Management and Rehabilitation of Spinal Cord Injuries, Springer, (2022), 837–860.
- [3] Gibbons engineering group Ltd., “10 Ways UVC can Improve your HVAC System” <https://www.gibbonsgroup.co.uk/media/blog/10-ways-uvc-can-improve-your-hvac-system/> (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ส.ค. 67)
- [4] การมีสุขภาพดี, วีลแชร์-ประโยชน์และวิธีใช้งาน, เว็บไซต์ <https://www.pobpad.com/> (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ส.ค. 67)
- [5] P. Axelson, “Wheelchair and assistive technology users. Precautions for COVID- 19”, เว็บไซต์ https://www.ucdenver.edu/docs/librariesprovider38/ep- documents/ wheelchair- and- assistive- technology- users- precautions- for- covid- 19.pdf?sfvrsn=993009b9_2 (สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ส.ค. 67)
- [6] M.K. Adeyeri, S.P. Ayodeji, A.O. Orisawayi, Development of a dual - purpose wheelchair for COVID-19 paraplegic patients using nigerian anthropometry data, Sci. Afri. 9, e00547, (2020)
- [7] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC), เว็บไซต์ <https://www.mtec.or.th/news-event/54924/> (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ส.ค. 67)
- [8] Nippon Medical & Chemical Instruments Co., Ltd., “Isolation Wheelchair CIW-1500N”, เว็บไซต์ http://nksystem.sixcore.jp/en/t/e_ciw-1500n.htm (สืบค้นเมื่อวันที่ 1ก.ย. 67)
- [9] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วศท.), คู่มือผู้ใช้ตู้ความดันลบ (Negative Pressure Cabinet), เว็บไซต์ <https://www.si.mahidol.ac.th/th/departement/pediatrics/pdf/covid-19/NegativePressureCabinet.pdf> , (สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ต.ค. 67)
- [10] กิตติพงศ์ เตมียะประดิษฐ์ “คุณภาพอากาศภายในอาคาร Indoor Air Quality และ Indoor Air Quality”, Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association, (2548), 40-52.

Authors' Biography:



Asst. Prof. Dr. Parinya Kiatpachai is a lecturer of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA). He received his D.Eng. in mechanical engineering from the King Mongkut's University of Technology, Thonburi, Bangkok, Thailand. His current research interests include the heat transfer performance and flow characteristics of fin-and-tube heat exchangers.



Asst. Prof. Dr. Anotai Suksangpanomrung is an assistant professor and Deputy Dean Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA). He received his Ph.D. in mechanical engineering from University of Victoria, Canada. His current research interests include the thermodynamics, energy technology and applied energy.



Asst. Prof. Wanachart Borisut is a lecturer of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA). He received his M. S. in mechanical engineering from the University of New Haven, USA. His current research interests include the thermodynamics and heat transfer engineering.



Assoc. Prof. Dr. Weerapun Duangthongsuk is an associate professor of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Southeast Asia University (SAU). He received his D.Eng. in mechanical engineering from the King Mongkut's University of Technology, Thonburi, Bangkok, Thailand. His research interests include heat transfer, fluid mechanics, and nano fluid.