หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ประเทศไทยมีแหล่งน้ำธรรมชาติมากมาย แต่โดยทั่วไปมักมีระดับน้ำไม่สูงนัก แนวความคิดที่จะใช้ประโยชน์พลังงานจากแหล่งน้ำเหล่านี้ ส่วนใหญ่มักออกมาในรูปของเขื่อนกั้นน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่ซึ่งเป็นการลงทุนสูง ปริมาณน้ำและระดับน้ำเหนือเขื่อนจะต้องมีมากพอตามต้องการ ส่วนแหล่งน้ำขนาดเล็กที่มีระดับน้ำไม่สูง การพัฒนาและนำพลังงานมาใช้ยังไม่มากนัก ที่มีอยู่บ้างก็ยังมีประสิทธิภาพต่ำและลงทุนสูง นี่ก็เป็นสาเหตุหนึ่งของการวิจัยนี้เพื่อนำเอาพลังงานจากแหล่งน้ำขนาดเล็กมาใช้ประโยชน์ โดยนำสูบหอยโข่งมาดัดแปลงเป็นกังหันน้ำขนาดเล็กใช้กับน้ำระดับต่ำ

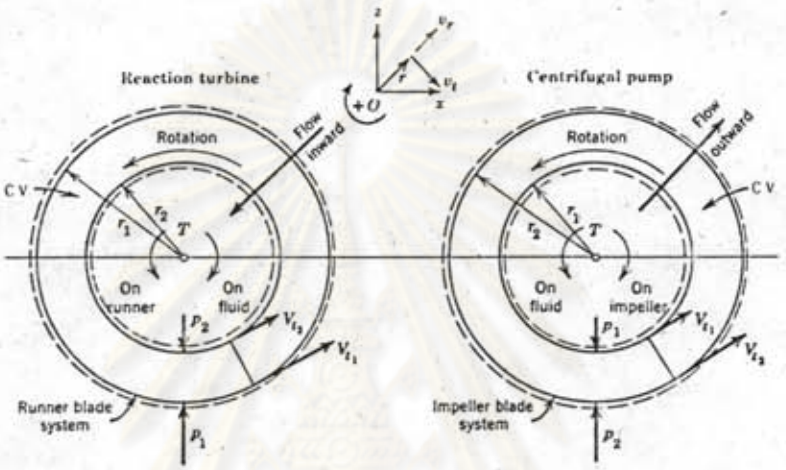
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

เพื่อทดลองดัดแปลงสูบหอยโข่งให้ทำงานเป็นกังหันน้ำขนาดเล็กระดับน้ำต่ำโดยทดลองด้วยสูบหอยโข่งขนาด 3 นิ้ว เปลี่ยน impeller ให้มีมุมครีบเหมาะสมกับการทำงานและเพิ่มเติม guide vane เข้าทางด้านหน้าของ impeller ทดลองหาสมรรถนะที่ระดับน้ำ 5 ถึง 16 เมตร และที่ความเร็วรอบคงที่ 1000 และ 1450 รอบต่อนาที

1.3 กังหันปฏิกิริยาและสูบหอยโข่ง (Reaction Turbine and Centrifugal Pump)

ในการออกแบบกังหันน้ำ สูบและเครื่องกลใบพัดอื่น ๆ มักจะนำเอา impluse-momentum principle เป็นหลักการสำคัญในการประยุกต์ใช้เข้ากับงานออกแบบทางด้านวิศวกรรม สำหรับกังหันปฏิกิริยาและสูบหอยโข่ง เราจะใช้หลักการนี้โดยสมมุติให้การไหลเป็นแบบ 2 มิติ จากรูปที่ 1.1 เป็นรูปแสดงทั้งกังหันปฏิกิริยาและสูบหอยโข่ง ซึ่งแสดงระบบใบพัดหมุนรอบแกนหมุน ระบบใบพัดนี้เป็นส่วนสำคัญของตัวเครื่องกล สำหรับกังหันเรียกว่า runner และสำหรับสูบเรียกว่า impeller ในขณะที่ของไหลไหลผ่านระบบใบพัด องค์ประกอบความเร็วในแนวเส้นสัมผัสของความเร็วสมบูรณ์จะเปลี่ยนแปลง โดยใน runner ของกังหันจะมีค่า

ลดลง และใน impeller ของสูบจะมีค่าเพิ่มขึ้น ในการเขียน control surface (โดยมีจุดศูนย์กลางร่วมกัน) ล้อมรอบระบบใบพัด โดยให้ภาคตัดที่ 1 เป็นทางเข้า และภาคตัดที่ 2 เป็นทางออกของ control volume ทั้งกังหันและสูบ เราก็จะนำเอาหลักการของ impluse momentum principle มาใช้ในการหาแรงบิดและกำลังงานในค่าขององค์ประกอบความเร็วในแนวเส้นสัมผัสและความเร็วในแนวรัศมี



รูปที่ 1.1 กังหันปฏิกิริยาและสูบหอยโข่ง[1]

สำหรับ $\int_{c.s} (rV_t)\, d\dot{m}$ หาได้จากสมการ

$$\int_{c.s} (rV_t)\, d\dot{m} = (-V_{t_2} r_2 + V_{t_1} r_1)\ Q\ \rho \qquad (1\text{-}1)$$

โดย Q = เป็นอัตราการไหล, m^3/s

ρ = เป็นความหนาแน่นของน้ำ, kg/m^3

r_1, r_2 = เป็นรัศมี, m

V_{t_1}, V_{t_2} = เป็นองค์ประกอบความเร็วในแนวเส้นสัมผัส, m/s

แรงบิดในใบพัดเป็นผลต่างของ moment of momentum ตรงทางเข้าและทางออกของใบพัด หาแรงบิดได้จากสมการ

$$T = (V_{t_2} r_2 - V_{t_1} r_1) . Q\rho \qquad (1\text{-}2)$$

จากขนาดของ $V_{t_1} r_1$ และ $V_{t_2} r_2$ จะชี้ให้เห็นทิศทางของ T ซึ่งเกิดขึ้นบนของไหล ดังนี้คือ $T > 0$ สำหรับกังหัน และ $T<0$ สำหรับสูบ นั่นคือแรงบิด runner และ impeller จะมีทิศทางกลับกัน

การเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่อหน่วย นน. ของการไหล นิยมเรียกว่า Total dynamic head (H) ซึ่งหาได้จาก $T\omega = \gamma QH$

ดังนั้นจะได้ $$H = \frac{\omega}{g_n} (V_{t_1} r_1 - V_{t_2} r_2) \quad (1\text{-}3)$$

โดย ω = เป็นความเร็วเชิงมุม, rad/s

γ = เป็น นน. จำเพาะ = ρg_n

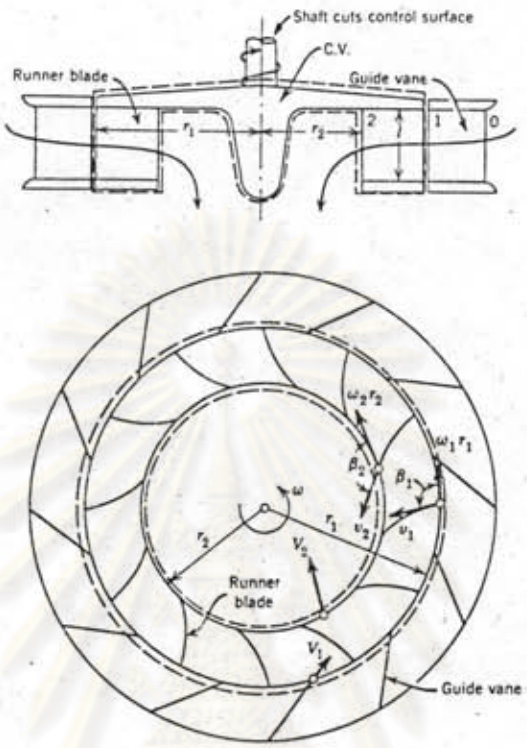
สำหรับสูบโดย $V_{t_2} r_2 > V_{t_1} r_1$ จะได้สมการ

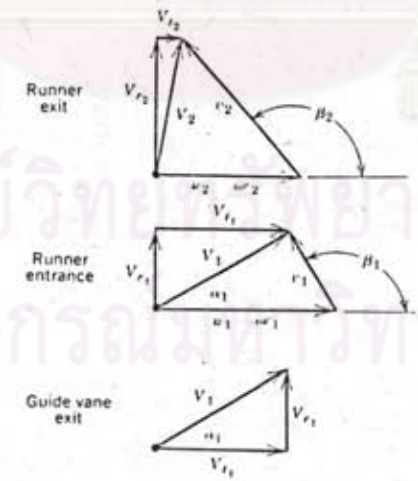
$$H_p = \frac{\omega}{g_n} (V_{t_2} r_2 - V_{t_1} r_1) \quad (1\text{-}4)$$

สำหรับกังหันโดย $V_{t_2} r_2 < V_{t_1} r_1$ จะได้สมการ

$$H_t = \frac{\omega}{g_n} (V_{t_1} r_1 - V_{t_2} r_2) \quad (1\text{-}5)$$

ในขณะที่ของไหลไหลเข้า runner องค์ประกอบความเร็วในแนวเส้นสัมผัสจะลดลง และจะสร้างแรงบิดขึ้น ตามสมการ (1-2) ใบของ runner จะต้องออกแบบสำหรับการไหลแบบ smooth flow มุมของปลายใบพัดหาได้จากแผนผังความเร็ว และขนาดของแผนผังหาได้จากสมการต่อเนื่อง ($Q = 2\pi r_1 Vr_1 = 2\pi r_2 Vr_2$) ความเร็วเชิงมุมของ runner $\omega = \frac{u}{r}$ และมุม guide vane α จากรูปที่ 1.2 ซึ่งแสดงกังหันปฏิกิริยาแบบ 2 มิติ และแผนผังความเร็ว จุดสำคัญของสามเหลี่ยมความเร็วมีดังนี้คือ (1) Vr เพิ่มตลอด runner และ (2) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางของความเร็วอย่างทันทีทันใด ขณะที่ของไหลออกจาก guide vane เข้า runner ถ้ามีการออกแบบที่ดีจะทำให้ความเร็วที่ออกจาก guide vane เท่ากับความเร็ว V_1 ที่เข้าสู่ runner

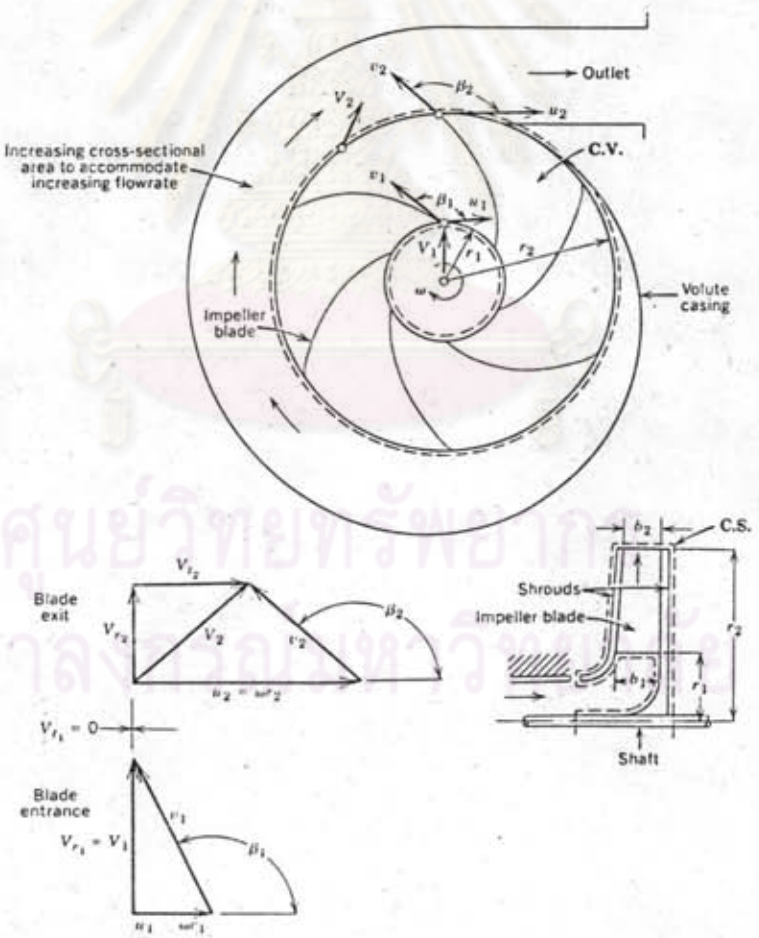




รูปที่ 1.2 กังหันปฏิกิริยาแบบฟรานซิส[1]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1.3 เป็นรูปแสดงภาคตัดของสูบหอยโข่งแบบ 2 มิติ โดยไม่มี guide vane ตรงจุดเริ่มเข้า impeller องค์ประกอบความเร็วในแนวเส้นสัมผัสของความเร็วสมบูรณ์จะมีค่าเป็นศูนย์ตรงทางเข้า และจะมีค่าเพิ่มขึ้นขณะที่ผ่าน impeller และเกิดแรงบิดขึ้นบนของไหล กำลังนี้จะส่งถ่ายจาก impeller ไปยังของไหล และพลังงานของของไหลจะเพิ่มขึ้นทั้งความดันและพลังงานจลน์ของของไหลจะเพิ่มขึ้นตลอด impeller ในขณะที่กังหันหมุน มุมของใบพัดต้องการสร้าง specified head และปริมาณน้ำไหล เพื่อให้ได้ความเร็วหมุนซึ่งอาจจะหาได้จากสามเหลี่ยมแสดงความเร็ว หลังจากของไหลไหลออกจาก impeller ก็จะไหลไปตามเปลือกหอย (Volute) โดยที่ของไหลเริ่มมีอัตราหน่วง และจะเปลี่ยนพลังงานจลน์จำนวนมาก ๆ ในของไหลเป็นหัวความดันออกทางท่อส่ง



รูปที่ 1.3 สูบหอยโข่ง[1]

1.4 สูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำ

สูบหอยโข่งตั้งแต่สูบที่มีการไหลตามแนวรัศมีไปจนถึงการไหลตามแนวแกน สามารถนำมาใช้งานเป็นกังหันน้ำได้ดี Worthington[9] ได้ทำการทดลองสูบหอยโข่งหลาย ๆ แบบทำงานเป็นกังหันน้ำและได้ให้ขอสรุปไว้หลายข้อดังนี้

1. การทำงานเชิงกลเรียบและเงียบ

2. ประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้เป็นกังหันน้ำจะมีค่าใกล้เคียงกับประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้เป็นสูบหอยโข่ง

3. ระดับน้ำและอัตราการไหลที่จุดประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อใช้เป็นกังหันน้ำจะสูงกว่าระดับน้ำและอัตราการไหลที่จุดประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้เป็นสูบหอยโข่ง

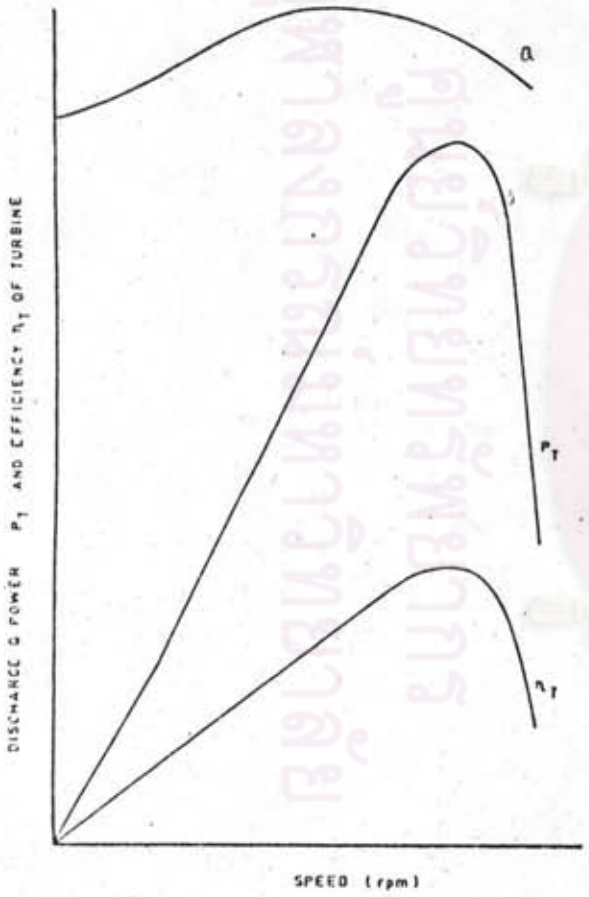
4. กำลังขาออกของกังหันน้ำที่จุดประสิทธิภาพสูงสุด จะสูงกว่ากำลังขาเข้าของสูบหอยโข่งที่จุดประสิทธิภาพสูงสุด

การใช้สูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำให้ข้อดีหลายอย่างและค่าใช้จ่ายค่อนข้างถูก การติดตั้งง่าย บำรุงรักษาน้อยและการใช้งานง่ายกว่า สูบหอยโข่งมีหลายแบบหลายขนาดให้เลือกมากกว่ากังหันน้ำ ข้อแตกต่างระหว่างสูบหอยโข่งและกังหันน้ำก็คือ กังหันน้ำมีอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลเพื่อควบคุมภาระ ในขณะที่สูบหอยโข่งให้อัตราการไหลที่แน่นอนที่ระดับน้ำและความเร็วรอบหนึ่ง ๆ อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลทำให้กังหันน้ำมีราคาแพงกว่าสูบหอยโข่งมาก

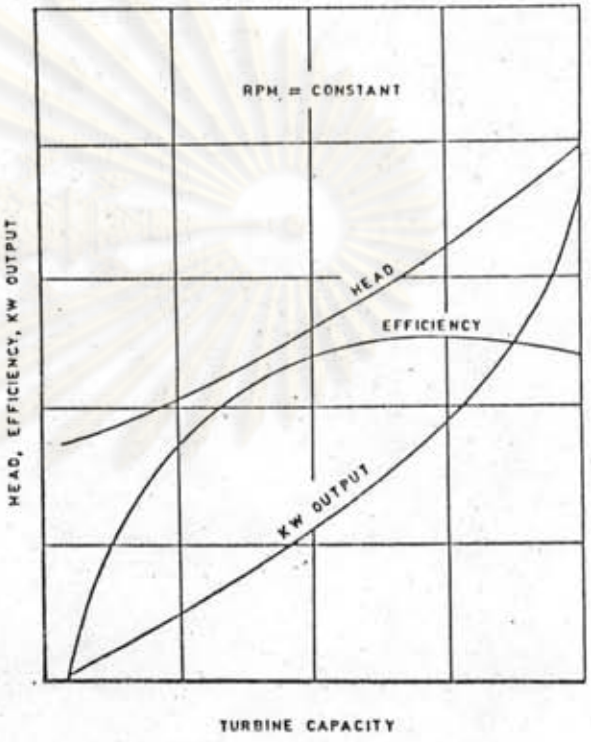
ก) คุณลักษณะของสูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำ คุณลักษณะจริงของสูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำแสดงไว้ในรูปที่ 1.4 ซึ่งเป็นเส้นกราฟแสดงคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ระดับน้ำคงที่ และในรูปที่ 1.5 เป็นเส้นกราฟแสดงคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ความเร็วรอบคงที่ คุณลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้ชี้ให้เห็นคือ

1) ประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อทำงานเป็นกังหันน้ำเกิดที่อัตราการไหลและระดับน้ำสูงกว่าจุดประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้เป็นสูบหอยโข่ง

2) ประสิทธิภาพสูงสุดของกังหันน้ำเกิดขึ้นในย่านของอัตราการไหลกว้างกว่าเมื่อใช้เป็นสูบหอยโข่ง



รูปที่ 1.4 กราฟแสดงคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ระดับน้ำคงที่ [8]



รูปที่ 1.5 กราฟแสดงสมรรถนะของกังหันน้ำที่ความเร็วรอบคงที่ [8]

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข) <u>ออกแบบเพื่อการเปลี่ยนแปลง</u> การดัดแปลงสูบหอยโข่งที่ผลิตขึ้นมาเพื่อการค้าเป็นกังหันน้ำ ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนหรือดัดแปลงเพิ่มเติม แต่ถ้าใช้กับระดับน้ำที่สูงมาก ๆ และเพื่อให้ได้กำลังขาออกมาก ๆ ก็ควรจะได้มีการทบทวนการออกแบบของสูบหอยโข่งเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1) วิเคราะห์ความเค้นบนเพลา

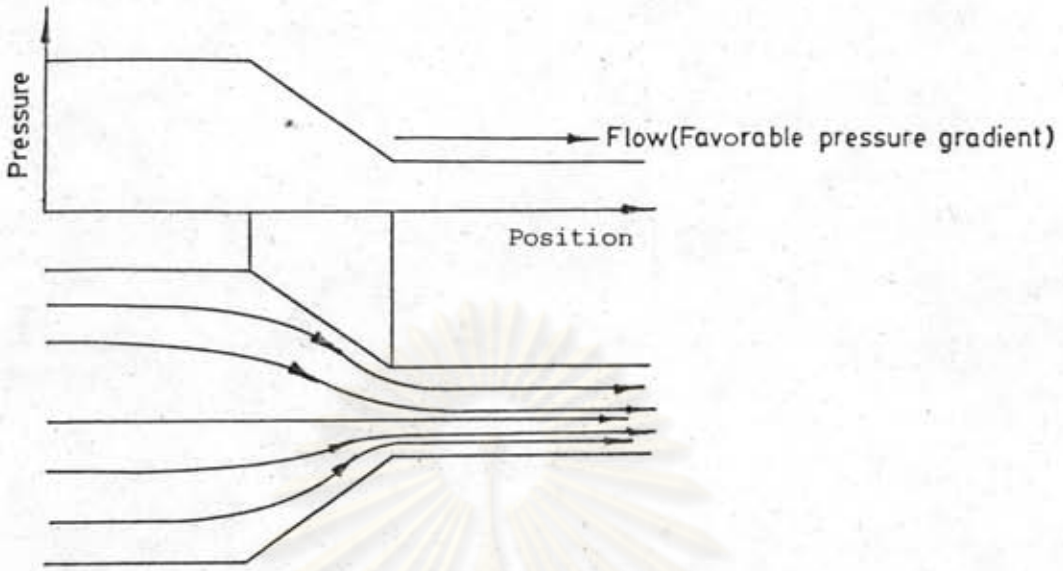
2) การออกแบบและเลือกใช้แบริ่งเหมาะสมหรือไม่

3) ผลกระทบที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของความดัน

ค) <u>การประเมินสมรรถนะของสูบหอยโข่งเมื่อทำงานเป็นกังหันน้ำ</u> เมื่อนำสูบหอยโข่งมาใช้งานเป็นกังหันน้ำ จุดที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดจะเปลี่ยนแปลงไปจากจุดที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้งานเป็นสูบหอยโข่ง เพราะว่าขณะที่น้ำไหลผ่านกังหันจะมีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความเสียดทาน ฯลฯ แต่ในกรณีของสูบหอยโข่ง พลังงานสูญเสียคือพลังงานกลที่ส่งทอดจากเพลาไปไม่ถึงน้ำในเรือนสูบ ดังนั้น ประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้งานเป็นกังหันจะเกิดที่อัตราการไหลและระดับน้ำสูงกว่าเมื่อใช้งานเป็นสูบหอยโข่ง

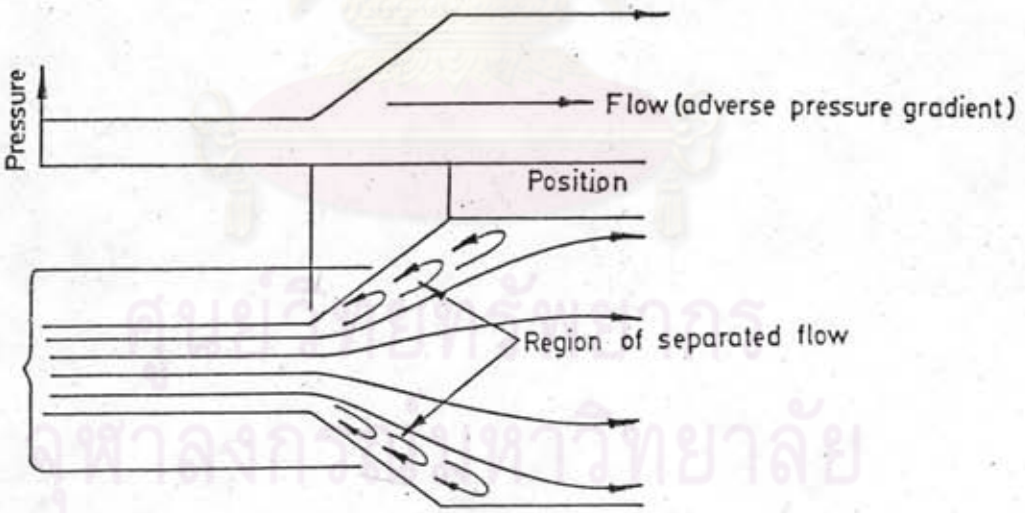
จากประสบการณ์บอกให้ทราบว่า[10] ถ้าสูบหอยโข่งได้รับการออกแบบมาดีก็จะใช้งานเป็นกังหันน้ำได้ดีด้วย แต่ก็ไม่แน่นอนเสมอไป ทั้งนี้เพราะว่าขนาดของการสูญเสียพลังงานขึ้นอยู่กับทิศทางของการไหลด้วย ตัวอย่างเช่น การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานเกิดขึ้นไม่มากนักในท่อที่มีพื้นที่ลดลงอย่างรวดเร็วในทิศทางของการไหล แต่ในทางกลับกันจะมีการสูญเสียอย่างมากเมื่อการไหลในท่อเดียวกันโดยกลับทิศทางของการไหล เพราะ adverse pressure gradient เป็นเหตุให้น้ำไหลช้าในชั้นของการไหลที่ใกล้ผนังท่อเกิดการแยกตัว (seperation) ของน้ำและทำให้มีการสูญเสียมาก ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.6 และ 1.7

ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนคือท่อดูดรูประฆังของสูบหอยโข่ง ซึ่งจะกลายเป็นท่อผายอย่างรวดเร็วเกินไปเมื่อใช้งานเป็นกังหันน้ำ ปัญหานี้เป็นปัญหาสำคัญที่จะต้องแก้ไข โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับกังหันที่ใช้กับระดับน้ำต่ำ เพราะพลังงานจลน์ของน้ำที่ออกจากกังหันหมายถึงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียพลังงานจำนวนมาก ปัญหานี้แก้ได้ด้วยการออกแบบท่อน้ำด้านออกหรือท่อผาย (draft tube) ของกังหันน้ำใหม่ เพื่อให้น้ำไหลออกอย่างช้า ๆ และมีการสูญเสียน้อย ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.8 และ 1.9



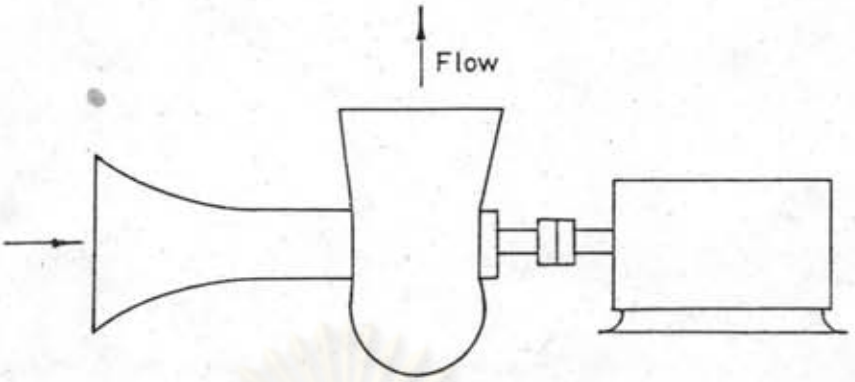
Rapidly converging flow
(low losses)

รูปที่ 1.6 แสดงการไหลในท่อตีบ (การสูญเสียต่ำ)[8]



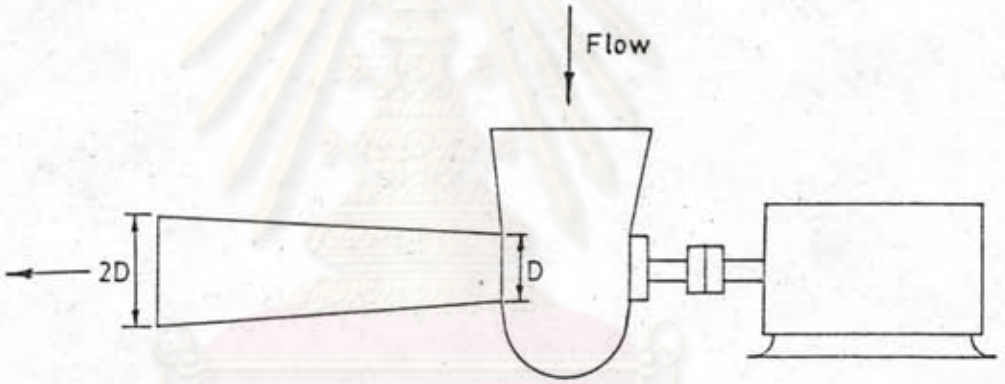
Rapidly diverging flow
(flow separation and high losses)

รูปที่ 1.7 แสดงการไหลในท่อผาย (มีการแยกตัวการไหลและการสูญเสียสูง)[8]



Pump with suction bell

รูปที่ 1.8 สูบหอยโข่งกับท่อดูดรูประฆัง[8]



Turbine with draft tube.

รูปที่ 1.9 กังหันน้ำกับท่อผาย[8]

Stepanoff[10] ได้ให้วิธีการโดยประมาณ ในการเปลี่ยนพารามิเตอร์ของสูบหอยโข่งเป็นพารามิเตอร์ของกังหันน้ำ การวิเคราะห์ของเขาสมมุติว่าประสิทธิภาพเมื่อทำงานเป็นกังหันน้ำจะมีค่าเท่ากับเมื่อทำงานเป็นสูบหอยโข่งโดยประมาณ ดังนั้น ความเร็วรอบ ระดับน้ำที่ BEP อัตราการไหล และความเร็วรอบจำเพาะสำหรับกังหันน้ำมีดังต่อไปนี้

$$H_t = \frac{H_p}{\eta_{ht}\,\eta_{hp}} = \frac{H_p}{(\eta_h)^2} \qquad (1\text{-}6)$$

$$Q_t = \frac{Q_p}{\eta_h} \qquad (1-7)$$

$$N_{st} = N_{sp}\,\eta_h \qquad (1-8)$$

โดย H_t = ระดับน้ำรวมของกังหันที่ BEP

H_p = ระดับน้ำรวมของสูบหอยโข่งที่ BEP

Q_t = อัตราการไหลของกังหัน

Q_p = อัตราการไหลของสูบหอยโข่ง

N_{st} = ความเร็วรอบจำเพาะของกังหัน

N_{sp} = ความเร็วรอบจำเพาะของสูบหอยโข่ง

$\eta_h = \eta_{ht} = \eta_{hp}$ = ประสิทธิภาพของไหล

เมื่อทำการทดลองแล้ว สามารถยืนยันได้ว่าค่าต่าง ๆ เหล่านี้ใช้เป็นค่าโดยประมาณได้ดี

การดัดแปลงสูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำ มีกราฟสำหรับการแก้ค่าต่าง ๆ (correction factors) ให้ถูกต้อง เช่น ระดับน้ำ อัตราการไหล และประสิทธิภาพ โดยฟังชั่นของความเร็วรอบจำเพาะ

Ken Grover [11] ได้เขียนกราฟของสูบหอยโข่งที่มีค่าความเร็วรอบจำเพาะน้อยกว่า 58 (rpm, m^3/s, m) เป็นผลของการใช้ค่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่ไม่แน่นอน ดังแสดงไว้ในรูป 1.10 ซึ่งกราฟที่ได้เป็นฟังชั่นเชิงเส้นตรงขั้นพื้นฐานแสดงค่าต่าง ๆ ลดลงเมื่อความเร็วรอบจำเพาะเพิ่มขึ้น ในขณะที่กราฟซึ่งเขียนโดย Buse [12] มีค่าต่ำกว่าและให้ค่าโดยประมาณด้วยกราฟปาราโบลิค ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากการเก็บข้อมูลต่าง ๆ จากสูบหอยโข่งที่มีการออกแบบต่างกัน นอกจากนี้ยังมีการใช้คอมพิวเตอร์โดยสร้างโปรแกรมในรูปของการจำลองค่าทางคณิตศาสตร์ เพื่อการคาดคะเนคุณลักษณะของกังหันน้ำให้เหมาะสมกับขนาดของโรงต้นกำลัง และยังมีอีกหลายวิธีสำหรับการใช้สัมประสิทธิ์ตัวแก้ค่าของผลที่ได้

ง) <u>การประมาณสมรรถนะของสูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำ</u> ขั้นตอนการประมาณสำหรับคำนวณสมรรถนะของสูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำ

1) หาสมรรถนะของสูบหอยโข่งซึ่งทำงานเป็นกังหันน้ำระดับน้ำต่ำสมมุติว่าทราบค่าระดับน้ำ H (m) และอัตราการไหลที่ออกแบบไว้ Q (m^3/s) โดยต้องการให้ทำงานที่ความเร็วรอบ N (rpm) หาค่าความเร็วรอบจำเพาะ Ns (rpm, m^3/s, m)

$$Ns = \frac{NQ^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}} \qquad (1\text{-}9)$$

2) ประมาณค่าปารามิเตอร์ของสูบหอยโข่งซึ่งใช้งานที่ BEP และใช้เงื่อนไขเดียวกันนี้เมื่อทำงานเป็นกังหันน้ำ แฟคเตอร์แก้ค่าความเร็วรอบจำเพาะหาจากรูปที่ 1.10 ซึ่งกำหนดโดยโกรเวอร์

โดย Q_{cf} = แฟคเตอร์แก้ค่าอัตราการไหล

H_{cf} = แฟคเตอร์แก้ค่าระดับน้ำ

E_{cf} = แฟคเตอร์แก้ค่าประสิทธิภาพ

3) หาค่าความเร็วรอบจำเพาะที่ BEP จากนี้เลือกขนาดของสูบหอยโข่งที่เหมาะสมจากแคทตาล็อก ซึ่งจะบอกค่าความเร็วรอบจำเพาะและกราฟแสดงสมรรถนะของสูบหอยโข่งที่ N_1 (rpm) แต่ต้องการสมรรถนะที่ความเร็วรอบ N (rpm) คำนวณโดยใช้ affinity laws

$$\frac{Q}{ND^3} = \text{constant} \qquad (1\text{-}10)$$

$$\frac{H}{N^2D^2} = \text{constant} \qquad (1\text{-}11)$$

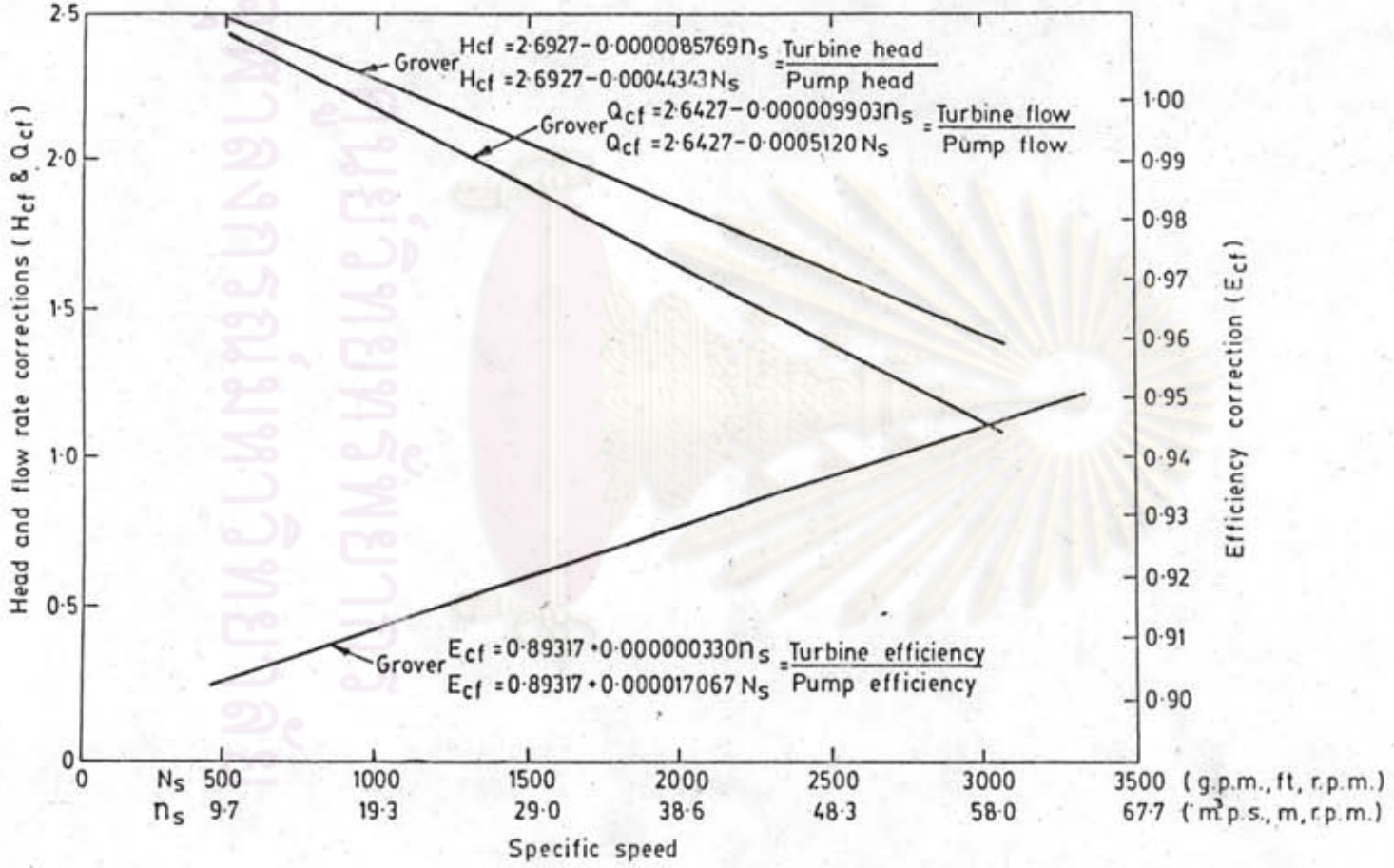
โดย Q = อัตราการไหล , m^3/s

N = ความเร็วรอบ , rpm

H = ระดับน้ำ , m

D = วัดผ่าศูนย์กลาง impeller, m

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.10 สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนค่าสำหรับกังหันน้ำเป็นสูบหอยโข่งในฟังชั่นของความเร็วรอบจำเพาะ [8]

จ) Cavitation การใช้สูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำในโรงต้นกำลังจะต้องคำนึงถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของโรงต้นกำลังด้วย เป็นต้นว่าการทำฐานรากด้วยคอนกรีตหรือหินอัด ระดับน้ำเหนือเขื่อน ปริมาณน้ำหลาก ความสูงเหนือระดับน้ำล่าง ฯลฯ การเลือกหรือกำหนดความสูงเหนือระดับน้ำล่างจะต้องแน่ใจว่าไม่เกิด cavitation ค่าความสูงมากสุดเหนือระดับน้ำล่างที่ใช้ติดตั้งสูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำ และสามารถหลีกเลี่ยงผลกระทบเนื่องจากการเกิด cavitation . อาจศึกษาได้จากรายละเอียดของสูบหอยโข่ง ผู้ผลิตสูบหอยโข่งสามารถกำหนดขนาดของสัมประสิทธิ์ cavitation . หรือมีค่าสัมประสิทธิ์ cavitation ที่สามารถใช้ได้ทั่วไป โดยจะกำหนดตามความเร็วรอบจำเพาะดังกราฟที่แสดงไว้ในรูปที่ 1.11 ถ้าใช้ค่าคงที่ cavitation คูณกับระดับน้ำรวมก็จะได้ค่าต่ำสุดของระดับท่อปล่อยน้ำค่าบวกสุทธิ (net positive discharge head)

$$H_{npd} = \sigma_c H \qquad (1\text{-}12)$$

โดย H_{npd} = ระดับท่อปล่อยน้ำค่าบวกสุทธิ

σ_c = ค่าคงที่ของ cavitation

H = ระดับน้ำรวม ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.12

ค่าคงที่ของ cavitation σ_c จะบอกอัตราส่วนต่ำสุด ของระดับความดันขณะนั้นกับระดับน้ำรวม ซึ่งไม่ทำให้เกิด cavitation

$$\sigma_c = \frac{H_a - H_v - H_s}{H} \qquad (1\text{-}13)$$

ดังนั้น ค่าระดับสูงสุดเหนือระดับน้ำล่าง H_s หาได้จาก

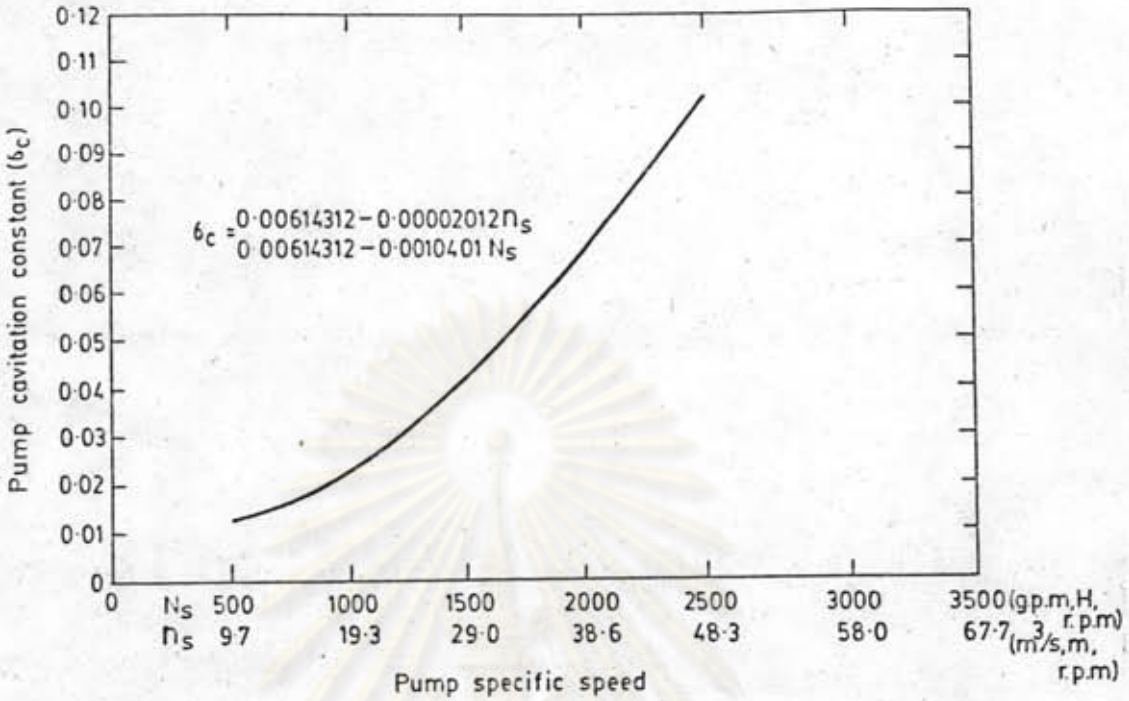
$$H_s = H_a - H_v - \sigma_c H \qquad (1\text{-}14)$$

โดย H_s = ระดับสูงสุดเหนือระดับน้ำล่างถึง runner

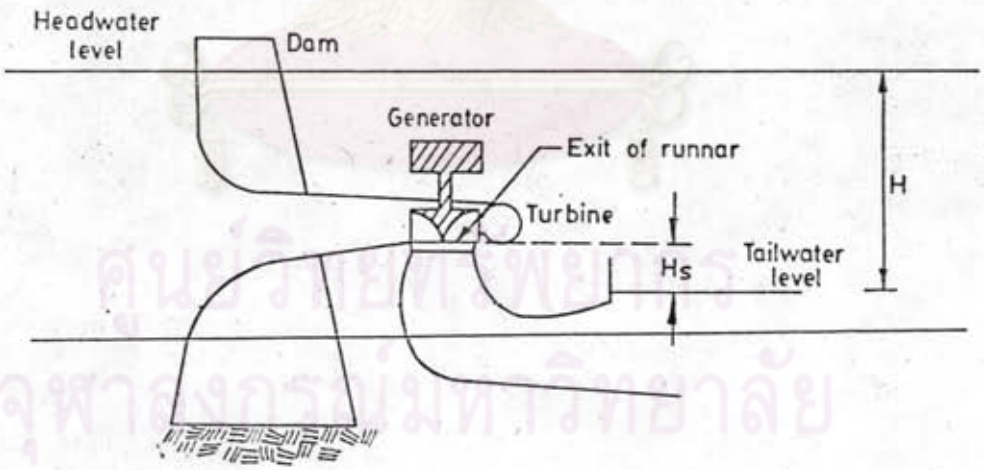
H_a = ความดันบรรยากาศ

H_v = ความดันไอของน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.11 กราฟ σ_c ในฟังชั่นของความเร็วรอบจำเพาะ [8]



รูปที่ 1.12 แสดงการวางกังหันที่สัมพันธ์กับระดับน้ำล่าง [8]

012821

ที่ระดับน้ำรวมใด ๆ มีความจำเป็นที่จะต้องให้ $H_s < [H_a - H_v - \sigma_c H]$ ถ้าสัมประสิทธิ์ cavitation σ_c ยิ่งมีค่ามาก ก็จะมีโอกาสเกิด cavitation มากขึ้น เพื่อลดการเกิดสิ่งนี้จำเป็นต้องวางตำแหน่งของสูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำให้ต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบจากระดับน้ำล่าง เพราะถ้าวางสูงเกินไปก็จะทำให้เกิด cavitation ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสึกกร่อนที่ใบของ runner นอกจากนี้ยังทำให้เกิดเสียงดังและการสั่นสะเทือนและส่งผลให้เกิดค้อนน้ำ (water hammer) ซ้ำแล้วซ้ำเล่า

ฉ) <u>ท่อผาย</u> (draft tube) ท่อผายเป็นส่วนประกอบสำคัญอีกอย่างหนึ่งของสูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำ ท่อผายเป็นท่อน้ำออกหรือ water conduits หลังจากน้ำถ่ายพลังงานให้กับ runner แล้ว ก็จะไหลออกโดยผ่านท่อผายไปยังระดับน้ำล่าง ซึ่งเป็นระดับน้ำที่มีความดันเท่ากับบรรยากาศ โดยทั่วไปแล้วท่อผายแบบกรวยตั้งจะบานออกประมาณ 7° - 15° ทำให้การไหลของน้ำลดความเร็วลง พลังงานจลน์ที่เหลืออยู่หลังจากผ่านแล้วกลับคืนตัวอีกครั้ง การไหลของน้ำผ่านท่อผายมีความต้องการ 2 ประการ คือ

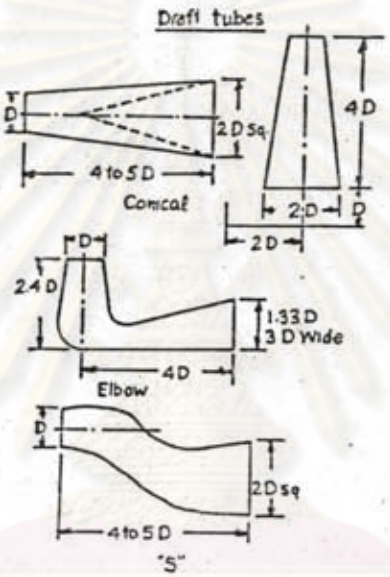
1) ไม่ให้มีความดันในท่อผายมากเกินไป [13] เพื่อให้น้ำไหลออกได้เร็วและมีการสูญเสียน้อย

2) ไม่ให้เกิดสูญญากาศในท่อผายมากเกินไป เพราะจะทำให้น้ำไหลออกเร็วเกินไป จนน้ำที่อยู่ทางต้นน้ำ (up stream) ไหลตามไม่ทัน จึงทำให้ความดันบางแห่งลดต่ำลง เป็นสาเหตุของการเกิด cavitation ดังกล่าวแล้วข้างต้น ความดันที่ดีที่สุดในท่อผายคือความดันใต้ runner ควรจะเป็นศูนย์ คือไม่มีความดันย้อนกลับที่จะต้านการไหลของน้ำเลย

ท่อผายมีหลายแบบขึ้นอยู่กับขนาดของโรงต้นกำลังและลักษณะของการติดตั้งเพลาของกังหันน้ำ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.13 จากหน้าที่ของท่อผาย 2 ประการข้างต้น พอที่จะสรุปประโยชน์ที่เกิดจากท่อผายได้ดังนี้

ก. ทำให้การจัดวางตำแหน่งของสูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำได้ถูกต้อง ตามขีดจำกัด ซึ่งพิจารณาจากการเกิด cavitation จากระดับน้ำล่าง

ข. ทำให้น้ำไหลออกจาก runner ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเพิ่ม Specified head ในข้อนี้ถือว่ามีความสำคัญมาก ดังนั้น สำหรับ runner ที่มีความเร็วรอบสูงจะต้องจัดวางท่อผายนอกเนื่องจากการพิจารณาการเกิด cavitation แล้ว runner จะต้องวาง



รูปที่ 1.13 ขนาดของท่อผายแบบต่าง ๆ [2]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ให้ต่ำกว่าระดับน้ำล่างอีกด้วย

สำหรับการติดตั้งสูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำบางแบบ ซึ่งทำให้การไหลของน้ำเปลี่ยนทิศทางการไหลเป็นมุม 90 องศา สาเหตุเนื่องจากการเพิ่มของอ (elbow) เข้าไประหว่างสูบหอยโข่งทำงานเป็นกังหันน้ำกับท่อผาย ซึ่งมีผลต่อสมรรถนะของท่อผาย จึงควรระมัดระวังในการออกแบบ ถึงแม้จะออกแบบได้ถูกต้องแล้วก็จริง แต่การไหลของน้ำออกจาก runner จะเป็นลักษณะของน้ำหมุนวนทำให้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของท่อผาย ขนาดของความเร็วน้ำหมุนวนขึ้นอยู่กับชนิดของกังหันน้ำและเงื่อนไขของการใช้งาน การไหลของน้ำหมุนวนในท่อผายทำให้ภาระและความดันเกิดขึ้นเป็นช่วง ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสั่นสะเทือน

การออกแบบท่อผายจะมีความเหมาะสมกับ runner แต่ละลักษณะเท่านั้น ใช่ว่าจะใช้ได้กับ runner ทุกลักษณะ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ในการทำวิจัยนี้ใช้สูบหอยโข่งที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดและผลิตขึ้นใช้เองภายในประเทศที่มีราคาถูก โดยให้ทำหน้าที่กลับเป็นกังหันน้ำขนาดเล็กและได้เพิ่มเติม guide vane ให้เป็นกังหันน้ำสมบูรณ์ยิ่งขึ้น หลังจากทำการทดลองแล้วทราบว่าประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยมีดังนี้

ก. เป็นต้นแบบของเครื่องต้นกำลังแบบง่าย ๆ ราคาถูก สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดเล็ก หรือเป็นเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ

ข. เป็นการพัฒนาแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดเล็กให้เกิดประโยชน์ทางด้านพลังงานกับชีวิตในชนบทมากยิ่งขึ้น

ค. เป็นการลดมลภาวะ และประหยัดพลังงานจากน้ำมัน

ง. เป็นการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในชนบทห่างไกล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย