การกำจัดความขุ่นโดยเครื่องกรองชนิดชั้นกรองเคลื่อนที่แบบไหลขึ้น

นายวีระวัฒน์ เตชะสุนทโรวาท

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-198-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16844464

TURBIDITY REMOVAL BY AN UPFLOW MOBILE BED FILTER

Mr. Weerawat Tachasuntarowart

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Engineering

Department of Environmental Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-634-198-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำจัดความขุ่นโดยเครื่องกรองชนิดชั้นกรองเคลื่อนที่แบบไหลขึ้น
โดย	นายวีระวัฒน์ เตชะสุนทโรวาท
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

วีระวัฒน์ เตชะสุนทโรวาท : การกำจัดความขุ่นโดยเครื่องกรองชนิดชั้นกรองเคลื่อนที่แบบไหลขึ้น (TURBIDITY REMOVAL BY AN UPFLOW MOBILE BED FILTER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ชีระ เกรอต, จำนวน 122 หน้า. ISBN 974-634-198-7

การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของเครื่องกรองชนิดชั้นกรองเคลื่อนที่แบบไหลขึ้น ทำโดยใช้แบบทดลอง การล้างเครื่องกรอง และการหมุนเวียนชั้นทรายกรองใช้ระบบลมยก (AIR LIFT) อัตราการเวียนทรายที่เหมาะสมเท่ากับ 0.6% ของปริมาตรชั้นทราย/นาที และอัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10% เทียบกับอัตราการกรอง น้ำดิบสังเคราะห์มีความขุ่นในช่วง 20 ถึง 80 NTU.

พบว่าในช่วงอัตรากรอง 10 ถึง 25 ลบ.ม./ตรม.-ชม. ปริมาณสารส้ม และปริมาณโพลิเมอร์ประจุลบที่เหมาะสมเท่ากับ 15 ก/ม^3 และ 0.20 ก/ม^3 ความขุ่นของน้ำหลังกรองขึ้นอยู่กับอัตราการกรองและความขุ่นของน้ำดิบ ที่ระดับความขุ่นน้ำดิบ 80 NTU. อัตราการกรอง 20 ลบ.ม./ตรม.-ชม. สามารถกำจัดความขุ่นได้ 99.46% และให้ความขุ่นน้ำกรอง 0.44 NTU. หัวน้ำสูญเสียขึ้นอยู่กับระดับความขุ่นน้ำดิบ และอัตราการกรอง คาหัวน้ำสูญเสียต่ำสุดเฉลี่ย 13.26 ซม. ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU. อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตรม.-ชม. และคาหัวน้ำสูญเสียสูงสุดเฉลี่ย 42.12 ซม. ที่ความขุ่นน้ำดิบ 80 NTU. อัตราการกรอง 25 ลบ.ม./ตรม.-ชม.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C517665 : MAJOR SANITARY ENGINEERING
KEY WORD: SAND RECYCLE RATE / HEAD LOSS

WEERAWAT TACHASUNTAROWART : TURBIDITY REMOVAL BY AN UPFLOW MOBILE BED FILTER. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. THEERA KAROT, PH.D. 122 PP.
ISBN 974-634-198-7

A pilot study was conducted to evaluate an efficiency of an upflow mobile bed filter in removing turbidity. Backwashing and recycling of sand bed was done by means of airliftThe optimum sand recycle rate was 0.6% of sand bed volume per minute while the optimum backwash rate was 10% of the filtration rate. The synthetic raw water had a turbidity ranged from 20 - 80 NTU.

It was found that at the filtration rate of 10 to 25 m^3/m^2 -hr, the suitable dosage of alum and anionic polymer were 15 g/m^3 and 0.20 g/m^3, respectively. The turbidity of an effluent depended on a filtration rate and turbidity of the influent. At turbidity of the influent of 80 NTU and the filtration rate of 20 m^3/m^2 -hr, a turbidity removal of up to 99.46% and the effluent turbidity of 0.44 NTU were obtained. Head losses depended on a filtration rate and turbidity of the influent. The minimum average head loss was 13.26 cm for the influent of 20 NTU and the filtration rate of 10 m^3/m^2 - hr. At 80 NTU turbidity of the influent and the filtration rate of 25 m^3/m^2 - hr, the maximum head loss average was 42.12 cm.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Theera Karot
ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม —

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต เป็นอย่างสูงที่ท่านได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นในเรื่องต่างๆ เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถทำการวิจัยครั้งนี้ได้อย่างถูกต้อง และลุล่วงไปได้ด้วยดี พร้อมทั้งให้แง่คิดในเชิงวิชาการที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาสิ่งแวดล้อมทุกๆท่านที่กรุณาให้ความรู้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ คุณธันยพร . นวลสวัสดิ์ และ คุณบุศรินทร์ ถนอมศักดิ์โกศล ที่ให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยในการพิมพ์โครงร่าง และวิทยานิพนธ์

เหนือสิ่งอื่นใด คุณความดีและประโยชน์ทั้งหลายที่มีในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้ บิดา มารดา และภรรยา ซึ่งให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....จ
กิตติกรรมประกาศ .....ฉ
สารบัญ .....ช
สารบัญตาราง .....ญ
สารบัญรูป .....ฎ

บทที่

1. บทนำ 1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย 2
   2.1 วัตถุประสงค์ 2
   2.2 ขอบเขตการวิจัย 2
3. ทบทวนเอกสาร 4
   3.1 ประเภทของการกรองโดยตรง 6
   3.2 กระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบการกรองโดยตรง 6
      3.2.1 กระบวนการโคแอกกูเลชั่น 6
      3.2.2 กระบวนการกรอง 7
   3.3 กลไกของการกรองน้ำ 7
      3.3.1 กลไกการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยเข้าหาสารกรอง 8
      3.3.2 กลไกจับสารแขวนลอย 10
   3.4 ตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวกับระบบการกรองน้ำ 13
      3.4.1 การเตรียมน้ำก่อนกรอง 13
      3.4.2 ความแปรปรวนของอัตราการกรอง 13
      3.4.3 ขนาดของสารกรอง 13
      3.4.4 อัตราการล้างย้อน 13
      3.4.5 คุณภาพน้ำดิบ 14
      3.4.6 ความหนาของชั้นกรอง 14
      3.4.7 อายุของเครื่องกรองน้ำ 14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 กระบวนการกำจัดอนุภาคแขวนลอยออกจากของไหล 14
3.5.1 การดักอนุภาคแขวนลอยโดยตรง 14
3.5.2 การตกตะกอน 14
3.5.3 การกระทบเนื่องจากความเฉื่อย 15
3.5.4 การเคลื่อนที่แบบบราวเนี่ยน 16
3.5.5 โอกาสที่เกิดการสัมผัสกัน 16
3.5.6 การแพร่กระจาย 16
3.5.7 แรงแวนเดอร์วาล 16
3.6 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชั่น 19
3.6.1 โคแอกกูแลนท์ 19
3.6.2 โคแอกกูแลนท์เอด 19
3.7 การศึกษาที่ผ่านมา 21
4. การดำเนินการวิจัย 29
4.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย 29
4.1.1 น้ำขุ่นสังเคราะห์ 29
4.1.2 สารเคมี 30
4.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ 33
4.2 ขั้นตอนการศึกษา 36
4.3 การดำเนินการศึกษา 38
4.3.1 การเตรียมการทดลอง 38
4.3.2 การดำเนินการทดลอง 38
4.3.3 การเก็บตัวอย่างและศึกษาการทดลอง 38
4.3.4 การสรุปผลการทดลองและเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 39
5. ผลการทดลองและวิจารณ์ 40
5.1 การหาปริมาณความเข้มข้นของสารส้มที่เหมาะสม 40
5.1.1 กรณีที่ความขุ่นน้ำดิบและอัตราการกรองมีค่าคงที่แต่แปรเปลี่ยนค่าปริมาณสารส้ม41
5.1.2 กรณีที่ความขุ่นน้ำดิบคงที่ แต่แปรเปลี่ยนอัตราการกรอง 41
5.1.3 กรณีที่อัตราการกรองคงที่ แต่แปรเปลี่ยนความขุ่นน้ำดิบ 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 การหาปริมาณความเข้มข้นของโพลิเมอร์แอนไอออนที่เหมาะสม 48
5.2.1 กรณีที่ความขุ่นน้ำดิบ และอัตราการกรองมีค่าคงที่ แต่แปรเปลี่ยนปริมาณโพลิเมอร์แอนไอออน 55
5.2.2 กรณีที่ความขุ่นน้ำดิบคงที่ แต่แปรเปลี่ยนอัตราการกรอง 55
5.2.3 กรณีที่อัตราการกรองคงที่ แต่แปรเปลี่ยนความขุ่นน้ำดิบ 55
5.3 การหาอัตราการเวียนทรายที่เหมาะสม 56
5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเวียนทรายกับหัวน้ำสูญเสีย 59
5.5 การหาอัตราการทิ้งน้ำล้างทรายที่เหมาะสม 59
5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างหัวน้ำสูญเสียกับอัตราการกรองและความขุ่นน้ำดิบ 64
5.6.1 หัวน้ำสูญเสียที่ความขุ่นน้ำดิบแปรค่า อัตราการกรองคงที่ 64
5.6.2 หัวน้ำสูญเสียที่ความขุ่นน้ำดิบคงที่ อัตราการกรองแปรค่า 64
5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างหัวน้ำสูญเสียกับเวลา 64
5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นหลังกรองกับอัตราการกรอง 67
5.8.1 ความขุ่นหลังกรองที่ความขุ่นน้ำดิบคงที่ อัตราการกรองแปรค่า 67
5.8.2 ความขุ่นหลังกรองที่ความขุ่นน้ำดิบแปรค่า อัตราการกรองคงที่ 72
5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นน้ำหลังกรองกับเวลา 72
5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราการกรอง 75
6. สรุปผลการวิจัย 82
7. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 83
รายการอ้างอิง 84
ภาคผนวก ก 88
ภาคผนวก ข 90
ภาคผนวก ค 98
ภาคผนวก ง 106
ภาคผนวก จ 114
ประวัติผู้เขียน 122

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 รายละเอียดของสารส้มที่ใช้ในการทดลอง 31
4,2 รายละเอียดของโพลิเมอร์ชที่ใช้ในการทดลอง 32
5.1 แสดงปริมาณจ่ายสารโพลิเมอร์แอนไอออนต่ำสุดที่อัตราการกรองต่างๆ 55
5.2 แสดงช่วยอัตราทิ้งน้ำล้างทรายที่เหมาะสม 59
5.3 แสดงค่าหัวน้ำสูญเสียที่อัตราการกรองและความขุ่นน้ำดิบต่างๆ 65
5.4 แสดงค่าความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรองและความขุ่นน้ำดิบต่างๆ.....73
5.5 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 80

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.1 เครื่องกรองทรายเคลื่อนที่ของ SIMATOR 4
3.2 เครื่องกรองแบบสารกรองเคลื่อนที่ ของ TENTEN 5
3.3 เครื่องกรองแบบสารกรองเคลื่อนที่ของ DYNASAND 5
3.4 กลไกการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยในน้ำเข้าหาสารกรอง 9
3.5 ประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยขึ้นอยู่กับขนาด 9
3.6 กลไกของการของกรองน้ำในเครื่องกรองน้ำแบบทรายกรองเร็ว 10
3.7 หัวน้ำสูญเสียของเครื่องกรองที่มีการกรองแบบติดผิว 11
3.8 การเพิ่มอัตราการกรองทำให้ชลออัตราการเพิ่มของอัตราการสูญเสียหัวน้ำของ เครื่องกรองที่มีกลไกแบบติดผิวและสามารถผลิตน้ำได้มากขึ้น 12
3.9 หัวน้ำสูญเสียของเครื่องกรองซึ่งการกำจัดความขุ่นเกิดลึกลงไปในชั้นกรอง 12
3.10 กลไกการเกิดการตกตะกอน 17
3.11 กลไกการกระทบเนื่องจากความเฉื่อย 17
3.12 กลไกการแพร่กระจาย 18
3.13 แรงแวนเดอร์วาล 18
3.14 POLYMER BRIDGING MODEL 20
3.15 การกรองแบบสารกรองเคลื่อนที่โดยใช้ระบบไฮดรอลิค 23
3.16 แผนภาพการทดลองของเครื่องกรองแบบสารกรองเคลื่อนที่ 24
3.17 รูปการการทดลองใช้เครื่องกรองแบบสารกรองเคลื่อนที่สำหรับน้ำเสีย 26
3.18 รูปแบบจำลองเครื่องกรองของ BUNDULAHEWA 26
4.1 อิทธิพลของอนุภาคดินและปริมาณสารส้ม 30
4.2 แสดงแผนผังการทดลอง 34
4.3 แสดงอุปกรณ์การทดลอง 35
5.1 ผลของปริมาณสารส้มที่ใช้ต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 10 ลบม./ตรม.-ชม. อัตราการเวียนทราย0.8%/นาทีอัตราทิ้งน้ำล้างทราย10% 42
5.2 ผลของปริมาณสารส้มที่ใช้ต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 15 ลบม./ตรม.-ชม. อัตราการเวียนทราย 0.8% /นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 42

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.3 ผลของปริมาณสารส้มที่ใช้ต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 20 ลบม./ตรม.-ชม. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 0 %.....43
5.4 ผลของปริมาณสารส้มที่ใช้ต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 25 ลบม./ตรม.-ชม. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 %.....43
5.5 ผลของปริมาณสารส้มที่ใช้ต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราการทิ้งน้ำล้างทราย 10 %.....44
5.6 ผลของปริมาณสารส้มที่ใช้ต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่ความขุ่นน้ำดิบ 40 NTU. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 44
5.7 ผลของปริมาณสารส้มที่ใช้ต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่ความขุ่นน้ำดิบ 60 NTU. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 45
5.8 ผลของปริมาณสารส้มที่ใช้ต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่ความขุ่นน้ำดิบ 80 NTUอัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 45
5.9 ผลของค่าความขุ่นน้ำดิบต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 10 ลบม./ตรม-ชม. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 46
5.10 ผลของค่าความขุ่นน้ำดิบต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 15 ลบม./ตนม.-ชม. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 46
5.11 ผลของค่าความขุ่นน้ำดิบต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 20 ลบม./ตรม.-ชม. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10%.....47
5.12 ผลของค่าความขุ่นน้ำดิบต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 25 ลบม./ตรม./ชม. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10%.....47
5.13 ผลของปริมาณโพลิเมอร์แอนไอออนที่ใช้ต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 10 ลบม./ตรม.-ชม. ,สารส้ม 15 มก./ล.อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....49
5.14 ผลของปริมาณโพลิเมอร์แอนไอออนที่ใช้ต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 15 ลบม./ตรม-ชม. ,สารส้ม 15มก./ล.อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....49
5.15 ผลของปริมาณโพลิเมอร์แอนไอออนที่ใช้ต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 20 ลบม./ตรม.-ชม. ,สารส้ม 15 มก./ล.. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10%.....50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.16 ผลของปริมาณโพลิเมอร์แอนไอออนที่ใช้ต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 25 ลบม./ตรม.-ชม.อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....50
5.17 ผลของอัตราการกรองต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU.,สารส้ม 15 มก./ล. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....51
5.18 ผลของอัตราการกรองต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่ความขุ่นน้ำดิบ 40 NTU.,สารส้ม 15 มก./ล. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....51
5.19 ผลของอัตราการกรองต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่ความขุ่นน้ำดิบ 60 NTU.,สารส้ม 15 มก./ล. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....52
5.20 ผลของอัตราการกรองต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่ความขุ่นน้ำดิบ 80 NTU.,สารส้ม 15 มก./ล. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....52
5.21 ผลของอัตราค่าความขุ่นน้ำดิบต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 10 ลบม./ตรม.-ชม. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....53
5.22 ผลของอัตราค่าความขุ่นน้ำดิบต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 15 ลบม./ตรม.-ชม. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....53
5.23 ผลของอัตราค่าความขุ่นน้ำดิบต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 20 ลบม./ตรม.-ชม. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....54
5.24 ผลของอัตราค่าความขุ่นน้ำดิบต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 25 ลบม./ตรม.-ชม. อัตราการเวียนทราย 0.8 %/นาที,อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....54
5.25 ผลของอัตราการเวียนทรายต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 10 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 5 มก./ล.,โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล. อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....57
5.26 ผลของอัตราการเวียนทรายต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง15 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 5 มก./ล.,โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล. อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....57
5.27 ผลของอัตราการเวียนทรายต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 20 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 5 มก./ล.,โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล. อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....58
5.28 ผลของอัตราการเวียนทรายต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 25 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 5 มก./ล.,โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล. อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10%.....58

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.29 ผลของอัตราการเวียนทรายต่อหัวน้ำสูญเสียที่อัตราการการอง 10 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 15 มก./ล.,โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล. อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10% 60
5.30 ผลของอัตราการเวียนทรายต่อหัวน้ำสูญเสียที่อัตราการการอง 15 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 15 มก./ล.,โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล. อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10% 60
5.31 ผลของอัตราการเวียนทรายต่อหัวน้ำสูญเสียที่อัตราการการอง 20 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 15 มก./ล.,โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล. อัตราทิ้งน้ำล้างทราย10% 61
5.32 ผลของอัตราการเวียนทรายต่อหัวน้ำสูญเสียที่อัตราการการอง 25 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 15 มก./ล.,โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล. อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10% 61
5.33 ผลของอัตราทิ้งน้ำล้างทรายต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 10 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 15 มก./ล.,โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล. อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที 62
5.34 ผลของอัตราทิ้งน้ำล้างทรายต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 15 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 15 มก./ล.,โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล. อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที 62
5.35 ผลของอัตราทิ้งน้ำล้างทรายต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 20 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 15 มก./ล.,โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล. อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที 63
5.36 ผลของอัตราทิ้งน้ำล้างทรายต่อความขุ่นน้ำหลังกรองที่อัตราการกรอง 25 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 15 มก./ล.,โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล. อัตราการเวียนทราย 0.6%/นาที 63
5.37 ผลของค่าความขุ่นน้ำดิบต่อหัวน้ำสูญเสียที่อัตราการกรองต่างๆ, สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10% 66
5.38 ผลของอัตราการกรองต่อหัวหน้ำสูญเสียที่ความขุ่นน้ำดิบต่างๆ, สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10% 66
5.39 ผลของเวลาต่อหัวน้ำสูญเสียที่อัตราการกรอง 10 ลบม./ตรม-ชม, สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10% 68
5.40 ผลของเวลาต่อหัวน้ำสูญเสียที่อัตราการกรอง 15 ลบม./ตรม-ชม, สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10% 68
5.41 ผลของเวลาต่อหัวน้ำสูญเสียที่อัตราการกรอง 20 ลบม./ตรม-ชม, สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10% 69

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.42 ผลของเวลาต่อหัวน้ำสูญเสียที่อัตราการกรอง 25 ลบม./ตรม-ชม, สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10% 69
5.43 ผลของเวลาต่อหัวน้ำสูญเสียที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU., สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10% 70
5.44 ผลของเวลาต่อหัวน้ำสูญเสียที่ความขุ่นน้ำดิบ 40 NTU., สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10% 70
5.45 ผลของเวลาต่อหัวน้ำสูญเสียที่ความขุ่นน้ำดิบ 60 NTU., สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10% 71
5.46 ผลของเวลาต่อหัวน้ำสูญเสียที่ความขุ่นน้ำดิบ 80 NTU., สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6% /นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10% 71
5.47 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นน้ำหลังกรองกับอัตราการกรองที่ความขุ่นน้ำดิบต่างๆ, สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 74
5.48 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นน้ำหลังกรองกับความขุ่นน้ำดิบที่อัตราการกรองต่างๆ, สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย. 10 % 74
5.49 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นหลังน้ำกรองกับเวลาที่อัตราการกรอง 10 ลบม./ตรม.-ชม., สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 76
5.50 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นหลังน้ำกรองกับเวลาที่อัตราการกรอง 15 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 76
5.51 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นหลังน้ำกรองกับเวลาที่อัตราการกรอง 20 ลบม./ตรม.-ชม. สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 77

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.52 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นน้ำหลังกรองกับเวลาที่อัตราการกรอง 25 ลบม./ตรม.-ชม., สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 77
5.53 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นน้ำหลังกรองกับเวลาที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU., สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 78
5.54 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นน้ำหลังกรองกับเวลาที่ความขุ่นน้ำดิบ 40 NTU., สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 78
5.55 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นน้ำหลังกรองกับเวลาที่ความขุ่นน้ำดิบ 60 NTU., สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 79
5.56 ความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นน้ำหลังกรองกับเวลาที่ความขุ่นน้ำดิบ 80 NTU., สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 79
5.57 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับอัตราการกรอง, สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 81
5.58 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นกับความขุ่นน้ำดิบ, สารส้ม 15 มก./ล., โพลิเมอร์ 0.20 มก./ล., อัตราการเวียนทราย 0.6 %/นาที, อัตราทิ้งน้ำล้างทราย 10 % 81