Lab 1

2023

Perpared By:

Dr:

Khaled Rawajfa

[1]

losses in piping system ↗ velocity ↘ type of flow

① flow rates ⟶ ΔP losses

valves ↙ ↘ Fitting

f ⟶ Re

↓

mody chart

② K (loss coefficient) = loss factor

↓ $K = \frac{h_L}{V^2/2g}$

③ f = resistance coefficient

dark ↓ gate valve

light ↓ globe valve

f ⟶ Friction أقل أحسن

① downstreams ⟶ reduce turbulence

② hydraulic bench ⟶ يزود بالماء

⟶ يقيس الـ flow rate

total hide lose = major losses ↓ Friction of pipe ↓ shear stress

+ minor losses ↓ Fitting ↳ ① valve ② sudden changes ③ bend

small compare to major losses

Re & f ⟶ عكسية

f ↓ V ↑ Q ↑

sudden exp > sudden contractio

r Bend ↑ hL ↓ Q ↑ h ↑

exp 1 - losses in piping system

objective :- ① find pressure losses ② find k value
③ compare theo. friction factor from blasius equation with that found from actual results

equipment :- include two seperate circuit ↔ dark blue / light blue

control the flow ↔ gate valve in dark blue / globe valve in light blue

valves → reduce the chance of turbulence

pitometer tube → measure pressure change across the pipe

diff. pressure gauge → measure pressure change across the valve.

equations :-

- $Q = V_1A_1 = V_2A_2$
- $Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_L$

total head losses ↔ due to pipe friction (Major) / due to localized effects (Minor) → $h_L = h_F + h_{Minor}$

k ↔ based on area ratio for sudden expansion or contraction / based on bend radius and pipe diameter for bend

- $K = \frac{h_L}{V^2/2g}$
- Darcy equation $h_f = fLV^2/2dg$ ↔ $f = \frac{64}{Re}$ (laminar) / $f = \frac{0.316}{Re^{0.25}}$ (turb)
- h_L = measured value + $\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$

turb. pipe friction ↔ smooth → viscosity most imp. factor / Rough → Vis & pipe wall most imp factor

Conclusion :-

1- gate valve better than globe valve
2- velocity ↓, Re ↓, f ↑, head losses ↑, flow rate ↑
3- head losses in expansion greater than in contraction

(5 ، 6) :-

2

positive displacement pump :-

* من العنوان :-

← بدي أعرف كيف الـ pump بتشتغل ، وعنا 2 pumps ← Piston pump (يلي راكبة على الجهاز) vane pump ←

← to establish asects of pump chara. at const & variable speed

← يعني أقارن مضاربش أداء كل pump عند سرعات ثابتة .

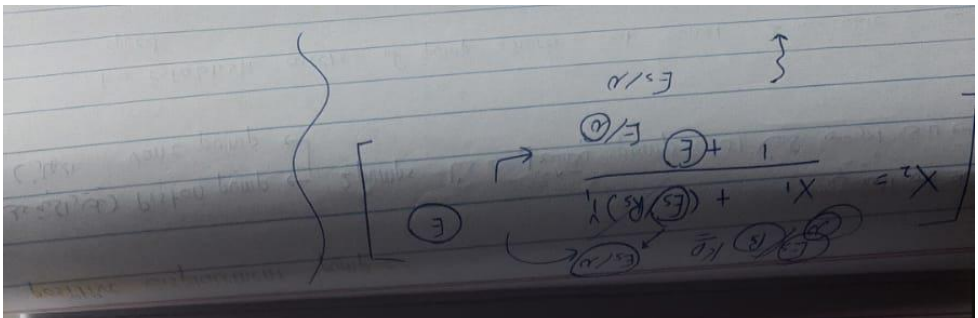
← عنا ماتور ومتصلة فيه الـ piston pump ، وعنا الأجزاء يلي على الـ board كبسة الـ power والـ start والـ stop وعنا كبسة بتتحكم بالـ motor speed والقراءة بتطلع في الكمبيوتر ، وعنا sensors واحد لقراءة الـ speed وواحد لـ torque وكلها راح تطلع على الشاشة

← الـ working fluid يلي قاعد بتدور جوا الـ cycle هو الماء (موجود في tank) الـ pipe بتسحب الماء من هاد الـ tank وبلعنا في الـ cycle كاملة وبيوجع لنفس الـ tank

← suction و delivery ← الـ in والـ out لـ pump

← عنا inlet valve وفي التجربة بتكون Fully open ، وعنا جهاز معين بعطينا قراءة الـ inlet pressure يلي داخل على الـ pump ، وعنا الـ inlet pipe ، بعدين الـ pump بتعمل على زيادة الـ P لـ working fluid وبطلع من الـ delivery وبقدر أقرأ الـ pressure من الـ pressure tran... أو من الـ gage pressure ، وفي عنا valve ثانية منها بقدر أتحكم بمقدار الـ P delivery الخارج من الكفاءة ، وفي عنا Flow meter نوع gear (الآخر يلي شبه الجوزة يلي في الشلوط 😂) بقرأ منه الـ flow rate لـ oil

← كل هاي الأشياء يلي حكينا عنها بتطلع قيمها في الكمبيوتر .



← مرة راح أشتغل في التجربة ← at const sped ← موجودة على الجهاز (dis/rev)
(dis/rev) ← at const P
delivery P هي P2 و P1

← كل الطالب راح تقلع على الجهاز ☐ في الوحدات يلي الجهاز يعرفها

← أول part بدنا نثبت الجهاز تقريبًا على الـ 800 ، بعد ما نفعل start ونقلع كل الأشياء الطبوية على الشاشة (بين كل trial والثانية بروح بثبت السرعة)
والـ P2 بنغيره من (1bar - 10bar) ويتحكم في قراءة من الـ volve الثانية يلي حكينا عنها.

← P1 بتكون قراءتها سالبة لأنها suction

← هيدا نفعل على الـ part الثاني بدنا نثبت الـ P2 بين الـ 5 و 8bar ونغير السرعة (ممكن يكون في تذبذب في القراءات نتيجة حركة الـ piston) نغير السرعة من (200 لغاية 1000 rev/min)

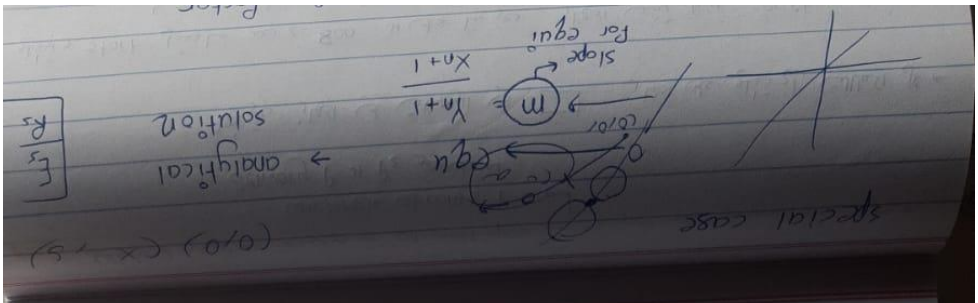
* من حكي الهندسة :-

rotary ← بتكون فيها impeller .

positive dis pump

reciprocal (linear) ← زي الـ piston pump بتكون راجعة جاي أفقي أو عمودي .

← في هاي التجربة ΔP↑ الـ flow ↓ ممكن يستخدم لنقل liq فيه traces .



* From manual :-

objective :-

زي ماحكينا عشان نشوف
كيفا ال pump بيشتغل ونشوف ال
performance بتاع ال pump .

Apparatus :-

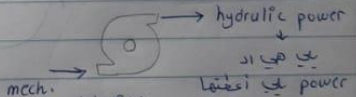
① Prexure transducers → measure the oil prexure at inlet & outlet.
② thermocouple → measure the oil temp.
③ flowmeter → measure the oil flow rate.

VDAS
↓
البرنامج اللي
بنأخذ منه النتائج

Theory :-

charach. of the pump : من أهم مميزات المضخة

① prexure increase. → الفرق بين الداخل والخارج
② flow rate increase. → Fluid يعبر عن كمية ال pump اللي دخلت ال
③ efficiency.
④ power



ال power اللي أعطتها ال pump لل Fluid

$W_p = (P_2 - P_1)\ Q_v$

W_p ← KW
Q_v ← flow rate (m^3/s)
P_2 ← delivery prexure
P_1 ← suction (Pa)

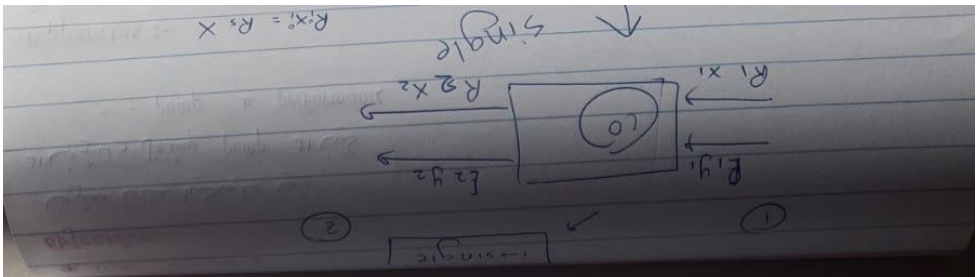
* overall eff :- الناتج / الداخل

$$\eta_p = \left(\frac{W_p}{W_D}\right) * 100\ \%$$

* volumetric eff :-

$$\eta_v = \frac{Q_v}{(V_s - N_p)} * 100\ \%$$

Q_v ← actual
$(V_s - N_p)$ ← expected
N_p → speed of pump (rev/min)
V_s → swept volume (cm^3/rev)



*relations :

[1] at constant speed :-

① $\Delta P \uparrow$ $W_0 \uparrow$

piston > vane

② $\eta_v \uparrow$ Flow rate $\uparrow$

η_v vane $> \eta_v$ piston

③ الدورة الفعلية تقاس بـ

زيادة كفاءة الكفاءة

④ Quantitative effectiveness.

⑤ Positive displacement (الأفضل)

[2] constant pressure :-

① Flow rate $\uparrow$ الـ P مباشر

تأثير

② speed $\uparrow$ $\eta_v \uparrow$

③ positive displacement.

← في التجربة لكل حالة راح نرسم 4 رسمات

الـ P ← Flow

η_p

η_v

shaft power

exp 2- positive displacement pump characteristics.

Objective :- ① show how pump works

② show performence of a selection of positive disp. pumps at constant & variable speed.

use oil as a working fluid

oil → come from oil resever → pass through a pressure relife valve and delivery → then pass through gear-type flowmeter → back to oil resever

oil measurement
- pressure by electronic pressure transducers
- temp by thermocouple
- flow in circuit by flow meter

most important quality
- flow rate raused by pump
- efficiency and power need.

type of power
- mechanical power (into pump) → W_D
- hydraulic power (from the pump) → $W_P = (P_2 - P_1) Q_v$

efficiency
- overall $\eta_p = (W_P / W_D) * 100$
- volumetric $\eta_v = [Q_v / (V_s * N_p)] * 100$

type of pump
- piston pump
- vane pump

Conc.

① change p with constant v → P ↑, shaft power ↑, η_p ↑, η_v ↑
flow rate ↓, shaft work ↓

② change v with constant p → v ↑, ⩾ ↑, shaft power ↑, η_v ↓, η_p ↓

③ increase inlet pressure → ★ flow rate & shaft work
↑ η_p & η_v

factor to select pump
- constant v : flow rate, Δp, η_p, η_v
- constant p : flow rate, v, η_p, η_v

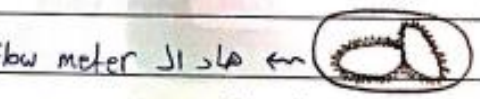
positive Displacement pump.

positive Displacement pump ← Piston pump
vane pump.

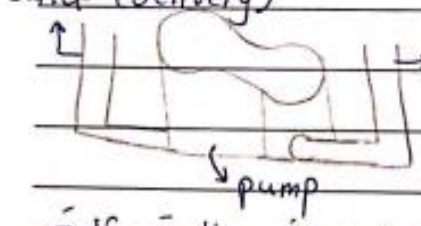
جهاز التجربة بيكون فيه two pump بستخدموا وبيكون فيه أدوات pump characteristic ال ← at constant and variable speed وبيكون فيه أقارب أداء كل pump

under identical speed condition

working fluid ال ← اللي عم يتحرك جوا ال cycle هوا ال air والتنك اللي تحت هو اللي بزودنا بال air ، ال pump بتعمل على زيادة ال pressure ال air وبطلع من pressure transeduser أو عن طريق ال gauge P ، ال delivery pressure وبقدر أقرأ قيمته عن طريق ال valve الأسود بتحكم فيه بمقدار ال delivery P اللي خارج من الكمبرسر



Flow meter ← هاد ال (gear Flow meter) بحساب أقرأ ال Flow rate ال air اللي مشي خلال ال cycle



بالتجربة رح نعمل pump بكل 2 part (cons speed) ، رح يضل عنا قيمة ثابتة (cons P) ويكون عم ال pump اللي هي كم ال distance اللي بتمشيها خلال ال revolution

① بيب أثبت السرعة بـ range (500-800) وبغير ال P_2 (delivery P) من (1 bar - 10 bar) وبتحكم فيه عن طريق ال valve الأسود.

و P بتكون قيمتها بال lab لانها هي عباره عن suction وال التنك مسكر عند ال atmospher

② بيب أثبت P_2 (delivery P) بـ range (5 - 8 bar) وبغير السرعة من (200 - 1000)

Q_v Temp suction delivery

F_1 ، T ، P_1 ، P_2 ، Torque, speed, power وباخذ القراءات اللي بتيجي

بالنسبه لل pump اللي بيه.

ممكن نلاحظ انو في تذبذب بالقراءات وهاد بيكون بسبب حركة ال piston.

* Pressure increase ⇝ the difference between the pressure before and after the pump.

* Mechanical power (into pump) ⇝ is the shaft power at the pump. (W_D)

* Hydraulic power (from the pump) ⇝ the power that the pump adds to the fluid is a product of the flow through the pump and the increase in the pressure. (W_p)

delivery ↔ suction

→ $W_p = (P_2 - P_1)\, Q_v$

↳ volumetric flow rate (بيكون معطى بالمسئلة)

→ $\eta = (W_p / W_D) * 100$

↳ over all pump efficiency

الكفاءة الكلية اللي بتكون ع ال pump

→ $\eta = [Q_v / (V_s - N_p)] * 100$

↳ volumetric eff ↳ speed for pump

* عند زيادة ال pressure difference بزيد ال shaft power) ال pump ، بس زيادة ال power بتكون اقل بال vane منها بال piston

* عند زيادة ال flow rate بزيد ال volumetric eff

* low speed ← higher eff

* increasing speed with lower value of delivery P yield to higher overall volumetric eff

exp 3 :-

Comparative fluid flow measurement (hydraulic Bench)

↓

مانومتر

↓

bump

① objective =>

1 Cd → discharge coefficient

orifice ← → venturi

↓

Re

2 ΔP

ori ← → ven

3 calibration curve for rotameter

*equations :

1 Bernoulli's equation

*نتائج التجربة :-

venturi → accurate

↓ ΔP

flowrater

A B C D E F G H I

↓ ↓ ↓ ↓

vent diffuser orifice bend & Rol

Flow meter increas ← Flow rate ← طردية

↓

increas

① → friction , no slip condition

② staddle valve

← عشان مستوى

اكبر

exp 3- Comparative Fluid Flow measurement

objective:- ① deter. discharge coeff C_d at diff Re

② comp. the Δp across orifice meter & venturi meter.

③ Calibration curve for the rotameter

#

water inter through → venturi meter

venturi → $\dot{m}_A = \rho u_A A_A = \dot{m}_B = \rho u_B A_B$

→ $Q_{Th} = A_B u_B$

→ $\frac{P_A}{\rho g} + \frac{u_A^2}{2g} = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{u_B^2}{2g}$

orifice → $\frac{u_F^2}{2g} - \frac{u_E^2}{2g} = \frac{P_E}{\rho g} - \frac{P_F}{\rho g}$

measure the flow by → manometer

conc.

(1) ↑ flow rate of flow meter, ↑ flow rate of rotameter, ↑ Re

(2) ↑ CSA, ↑ P, ↓ velocity

4

The performance of Radial fan

↳ performance of radial flow rotor in air over a wide range of operating conditions for impeller with radial blades.

↳ net eff of radial fan → تحديش الكوحة أعطت الهواء power الهيدروليكي سحبته من الماتور على شكل كهربا ؛

→ forword

100% → 38%

↓

أعلى كفاءة

mechanical energy → hydraulic energy

* كلما زاد معدل التدفق volumetric flow rate زادت الكفاءة .

* performance depend on :-

① تحديش منتصا valve بـ

② velocity

③ electric power ~~hydraulic~~

④ prexure diff ← أكبر

* تزداد الكفاءة مع زيادة فتح الهوام عند سرعة ثابتة .

net eff = $\frac{\text{out}}{\text{in}}$ ← hyd ↳ electric

fully open ←

↓ بيلش أخلل ثوي ثوي وأعل إعاقة لخروج الهواء وهكذا لوصل لـ fully closed

= kc

$r_p((C_{A_0} - C_A)$

Exp 4- performance of a radial Fan. → centrifugal Fans

obj:- examine the perf. of radial flow rotor in air over a wide range of op. condition

throttle valve → used to vary the flow resistance in the delivery pipe

type of impellers → Backward Curved
→ Forward Curved).

Fans (turbo-machine) → transfer mech. energy to hydrulic energy

the gas exist to impeller → radially

total pressure → static pressure
→ dynamic pressure

apparatus →
- CSA at inlet & outlet almost the same
- velocity head at in & out equal
- fan total pressure is equal to the diff. between the corresponding static pressure

Fan total pressure = outlet static pressure - inlet static pressure

the Fan used to move : gases, moisture, dust → in the direction of incoming fluid

Parameters effect the performance :- velocity, electric power, hydraulic power pressure difference, how much valve open

conc.

① eff increase when increasing volumetric flow rate.
② ele. Power & hyd power directly prop to volumetric flow rate.
③ elec. power higher value than hydrulic power.
④ eff increase when increasing the opening of the valve.
⑤ dynamic pressure ↑, Square of the air velocity ↑
⑥ electric power & speed ↑, hydraulic power ↑

5

shell & tube H X :- ↗ food ↘ chemical procers. (1-2 H X) ✓

objectiv :-

① overall eff at diff fluid flow rate. → $\frac{Q_{ab} \rightarrow shell}{Q_{em} \rightarrow tube}$

② co-current & counter current

↳ [1] heat transfer coeff
[2] temp eff → effect of change in hot & cold flow on ① Temp ② U

c → $\eta = \frac{\Delta T_c}{\Delta T_m}$ $\eta_h = \frac{\Delta T_h}{\Delta T max}$ ↓ $h_{in} - t_{out}$

③ overall heat transfer coeff.

↳ $U = \frac{Q_c}{A \Delta T_{log}}$ $w/m^2.K$

→ baffels → ↑ velocity of fluid → ↗ rate of heat transfer support

hot → tube (stanlex steel)
cold → shell] → to min ↓ loses heat

عشان نقلل

$Q = m\, cp\, \Delta T$

counter current → أحسن

co current

h كبير → صغير

c صغير → كبير

counter

hot كبير → صغير

cold كبير ← صغير

Flow of hot water ↑ eff ↗ cold ↗ U ↗

$m_h \neq m_c$ ↳ heat losses (Re)

exp 5- Shell and tube Heat exchanger.

obj: ① perform energy balance & cal. overall eff. at diff fluid flow rate
② demonstrate diff. between Co & counter. and effect on heat transfer coeff and temp eff.
③ determine overall heat transfer coeff
④ investigate the effect of changes in hot & cold fluid flow rate on: Temp eff & overall heat transfer coeff.

Used for → food
→ chemical process industrial

Consist of: ① number of tubes in parallel ② cylindrical shell
baffles: located inside the shell to increase the velocity of the fluid and hence the rate of heat transfer

the exchanger has → one shell
→ 7 tubes
→ two transveres baffles in shell

Water → hot passes through the bundle of tubes
→ cold water passes through cylindrical shell
↳ this arrangement → min. heat losses without extra insulation
→ allow the construction of the HX to be viewed

"O" ring → allow differential expansion between Metal & plastic
→ allow inner metal tubes to be removed for cleaning

sensors → mesure fluid temp
→ measure the conc. to the hot & cold water supplies

- $m = \dot{V}\rho$
- $Q = mc_p\Delta T$
- $Q_e = m_h C_{p,hot} (T_1 - T_2)$
- $Q_a = m_c \cdot C_{p,cold} (T_4 - T_3)$
- $Q_L = Q_e - Q_a$
- $\eta_{overall} = Q_{abs} / Q_{emitted}$
- $U = Q_e / A \cdot L_{MTD}$
- $d_m = \frac{d_o + d_i}{2}$
- $\pi d_m L$
- $\eta_{cold} = \frac{\Delta T_{cold}}{\Delta T_{max}}$
- $\eta_{hot} = \frac{\Delta T_{hot}}{\Delta T_{max}}$

conc.

① $Q_{emitted}$ ↑ , U ↑

② Counter current better than Co, because it's driving force higher and LMTD also higher, so decrease the area & cost

(3) increase hot water flow → increase eff
(4) in Co-current $\Phi e > \Phi a$
(5) in counter-current $\Phi a > \Phi e$
(6) Φa and Φe increase with increasing mass flow rate of water
(7) Counter more eff. than Co

6

concentric tube heat exchanger (double pipe) — Two tube have the same center

tube — annular

objective :-

1. co & counter current
2. effect of hot w T / flow rate] → بدنا نشوف تغير الـ T بتؤثر على كفاءة الـ HX

* الـ hot دايمًا الـ in والـ out زي ما حكينا ما بيغير

L & Temp ← 1.5m ← الطول العمودي — مرة co ومرة counter

$Q = U A L_{(TMTD)}$

* بنقيس الـ flow rate اللي من الـ rotameter
  ← هو اللي عنا في التجربة
  بعد هيك اللي برجع كمان مرة للتانك

باقي الأشياء نفس قوانين الـ shell & tube

* الـ cold ← بيجي من الخزنة بنبثها و بتحكم بالـ direction اذا in او out — counter او co

counter اذا co العكس ← اذا in

* دورا عنا تانك فيه مي بخزنة بنفخها عن طريق الـ pump وفيه sensor بنقيس منه حرارة اللي .

* راح نثبت الـ cold و نغير الـ hot 4 مرات .

* الخزنة ← الـ out بطلع ← جزء بفوت على الـ sys
  ← وجزء بطلع أو برجع لـ pipeline

الهدف نحافظ على الخزنة ، اذا صار أي مشكلة على الـ sys اللي ما برجع على الـ pump و بعمل عليها back press

* الـ hot الها اتجاه واحد بنفخها من الـ pump عشان نعطي const flow
  ← الحرارة بنحطها على الـ Temp control عشان

70 = عشان ما يصير heat transfer

-10 / +10

70 ← بيجي بنقيس من 60 لـ 80 ثابتة و المتروكة هي القراءة الحقيقية على درجة (درجتين)

بنقيس على الـ sys من الـ inner tube و بنقيس حرارته

* بنقيس الـ inlet من كل

الفعال ← برجعو
بعشو ← و الـ out من الجهة العكس

exp 6- Concentric tube Heat exchanger. → double pipe exchanger

obj :- ① demonstrate working principle of concentric tube heat exchanger
② the effect of hot water temp variation, flow rate variation on performence

- using water as fluid stream
- Power to the electric element is regulated by a controller
- deviation meter to indicate the deviation of the water temp. from the set point

Hot water → taken from pump discharge
→ passes through the inner pipe

Cold water → supplied from an external source
→ passes through the outer annulus

double pipe → first fluids passes through the tube
→ second fluids through the annular space

duty Q calc. from $Q = UAL_{MTD}$ → change/time in sensible heat
→ latent heat extracted or supplied

- $\eta_{overall} = \frac{Q_{abs}}{Q_{emit}}$
- $\eta_{cold} = \frac{\Delta T_{cold}}{\Delta T_{max}}$
- $\eta_{hot} = \frac{\Delta T_{hot}}{\Delta T_{max}}$
- $\Delta T_{cold} = out - in$
- $\Delta T_{hot} = in - out$
- $\Delta T_{max} = T_{h,in} - T_{c,in}$

eff of exchanger $= (\eta_{cold} + \eta_{hot})/2$

- we fixed the flow rate of cold stream and vary the flow rate for hot stream

Conc.

① increase hot water temp, ↑U, ↑ rate of heat transfer
② in counter current Temp diff (ΔT_{max}) is higher so higher in rate of heat transfer & better effeciency
③ ↑ flow rate of fluid, well performance of HX
④ ↑ volumetric flow rate, ↑ Q_{abs}, ↑ Q_{emit}

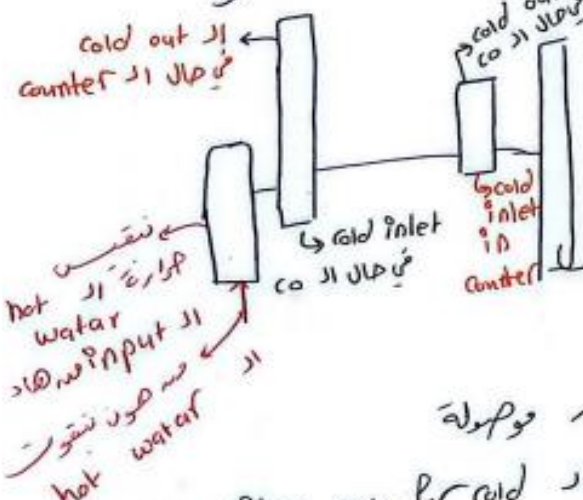
6- Concentric tube heat exchanger

↳ two tube have the same center.

عنا hot water بتنك خلف كهاز بنضخها عبر طريق ال pump. وبتكون
عنا ورا sensor عشان نقيس حرارة بعي ، إضافة لاي جزء من اللي
بللع منها لبعوت ع ال system وجزء برجع بال paypass ← الهدف منه
انو بحافظ ع الضغط في حال صار اي مشكلة بال system بعي ما توجع
ع بالضغط

المي بشتغة إلها اتجاه واحد بنضخها عبر طريق بالضغط عشان تعطيني
inner بال system ال بعوت ع ال constant flow rate. بعد هيك

← بعد ما ناخد قراءات لحرارة ال hot ال
بنافذ ال hot water ال flow rate
باستخدام ال rota meter بعد
هيك عي برجع مرة
تانية ع بتنك



ال cold watar بتجي من الحنفية وبتكون موصولة
مع ال Flow meter ، رح نثبت ال flow rate for cold
عبر طريق ال valves بتحكم باتجاه ال process يا co او counter

co-current ←

counter current ←

رح نغير بال hot watar flow rate وبثبت ال cold watar flow rate (٤ قراءات)

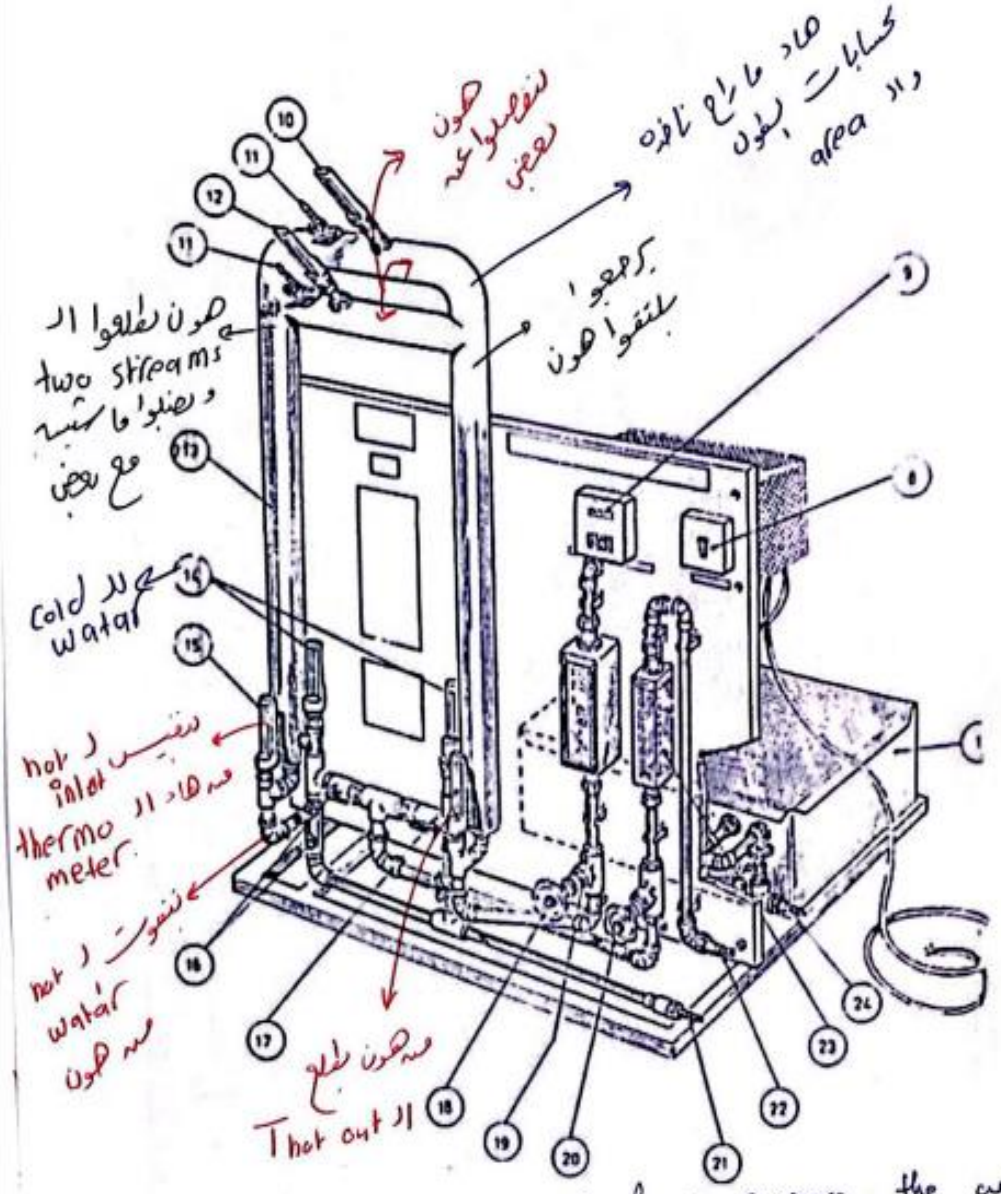
← بالطلوب هو حساب ال overall heat transfer coeff

$\dot{Q}_{gen}$, $\dot{Q}_{abs}$, $\dot{Q}_{Losses}$

← حسب ال eff بالحالتين

← نرسم ال temp. profile اللي في ال temp مع ال length

Scanned with CamScanner



→ increasing hot water temp. leads to increase the overall heat transfer coeff. and increase the rate of heat transfer.

→ the efficiency is better in counter current

losses

2

conduction
(heat cond. ك)

$k \propto \frac{1}{h}$

heat transfer coeff inv. prop with k

1- Temp dist → steady state → unif A

2- thermal conductivity ↑ T ↖↙
بيتا تقارن حرار
the value

s > L > g

3- k → thermal conductivity is of poor thermal conductor

$Q = V * A$
تيار

↳ specimen → brass d=25mm L=30 mm

↳ k → Fourier law (T4 & T5)

$Q = \Theta k A \frac{dT}{dx}$

↑↑ → T↓

linear ⟸ ⟹ radial

الحرارة بتنقل من أعلى لأسفل وكل ما زادت بتقل والـ Temp بيقل surface area الـ rod

* المسافة بين كل 15mm

→ heater

→ heating zone

→ speciment → 4 - 5

→ cooling zone

T ↑ ك

راح تزيد الحرارة مع الزمن بعدين تثبت بتكون وصلنا steady state

* الحرارة بتروح للبارد لتعبئ فراغ الحرارة

Therom culi → device لقياس درجة الحرارة

* لاقي قوانين لبعض (Temp profile)

steady ↓ * القيم ما وصلنا كانت عند آخر حرارة.

* T_1 ← الأقرب لـ heater (الأكبر)

* V ↑ variation الـ بين الحرارات أكبر

$k \propto \frac{1}{L}$ عكسية

exp 7. Heat Conduction.

Obj :- ① measure temp. distribution for steady state
② determine the thermal conductivity for Material
③ effect of temp in thermal conductivity

#

the specimens are brass

$Q = -kA \frac{T_1 - T_2}{L}$ → linear cond.

$Q \ln\frac{R_2}{R_1} = 2\pi kL(T_1 - T_2)$ radial cond.

Fourier's law => $Q = \ominus kA \frac{dT}{dx}$

↳ because the heat flowing toward the lower temp.

connected between Heat transfer unit & heat transfer service Conc.

① ↑ voltage, ↓ temp diff, ↓ thermal Conductivity
② exp relation between temp & time
③ using cold water to avoid the heat accumulated in the system
④ ↑ temp diff, ↑ heat input, ↑ power input
⑤ k ↑, T ↑, heat transfer ↑, ↓ length
⑥ heat transfer occure in linear from top to the bottom
⑦ heat transfer coeff. ↑, K ↓, quantity of heat transferd ↓
⑧ $K_{solid} > K_{liq} > K_{gas}$

exp-7- heat conduction

← رايح نطبقه Fourier's Law عشان

$\dot{Q} = -kA\frac{dT}{dx}$ ، رايح نطبقه (Q) heat نحسب k من قانون

و نحسب الـ temp gradient لسي الإشارة سالبة بالقانون لأنو الحرارة بتتحرك من الحار للبارد

← الحالة اللي عنا ايا ها هي الـ radial conduction ، بكونوا عنا two cylinder ، inner ، outer نطبقه الـ heat ع الـ inner

Objective :-

① حتى نقيس الـ conduction of energy الـ ss الـ temp. distribution من خلال uniform cross section ونشوف تأثير تغيير الحرارة اللي داخلة (heat input)

② نحدد الـ thermal conductivity (k) الـ material ونشوف تأثير الحرارة عليه

③ نشوف تطبيقات الموصلات الرديئة (poor conductors) ونحدد الـ k إلها

equipment :-

الـ speciemens اللي استخدمناها من الـ Brass

عنا heat conduction unit ، 12 type thermocouples (K)

① T_1 ، T_2 ، T_3 ← مع الـ heated section

② T_6 ، T_7 ، T_8 ← مع الـ cooled section

③ Four intermediate sections are supplied to place between heated and cold

* يوصل ع المياه الباردة من الحنفية

theory

عنا نوعين من الـ conduction

uniform bar الشكل ← linear

cylinder الشكل ← radial

Scanned with CamScanner

procedure :-

① اول شي لازم بالبداية لازم يكون مغلق وال voltage controller بوضع عكس عقارب الساعة

② لازم ال heat transfer unit يكون موصلة مع ال heat transfer service unit والعينة (هي ال brass) مثبتة هون ال heat transfer unit

③ نتفق على هي هي الخطية

④ نتفق ال main switch ونضبط مفتاح درجة الحرارة على T_1

⑤ نبدأ نزيد ال Voltage ونراقب تغير T_1 مع كل زيادة (50, 75, 100)

⑥ نترك ال system حتى يوصل لل stability ونأخذ قراءات ال Temp وال Voltage وال current

⑦ نعيد الخطوات بـ heat input جديدة

⑧ رسمنا لجهاز ال Temp. gradient عند ال ss عند diff. heat input

⑨ رسمنا تغير الحرارة مع الزمن

⑩ حسبنا ال K ورسمنا تأثير تغير ال heat transfer coefficient مع الموصلية

Result's

① بالعادة اتجاه انتقال الحرارة من الساخن للبارد بس بتجربتنا بالنظام معزول بصير في انتقال للحرارة هاد لأنه راح يأدي لتراكم الحرارة جوا الـ system بالتالي بستخدم ميه باردة عشان اتجنب هاد التراكم للحرارة

② علاقة الـ temp. diff مع الـ heat/power input وبالتالي طردية مع الجهد

③ بالبداية الحرارة بتغير بشكل rapidly وبعد وقت معين بصير constant

→ $k \propto T$ and heat transfer

→ $k \propto \frac{1}{L}$

k ← بتأثر بالـ material وكمان cross sectional area of the bar

→ the conduction heat transfer occure in linear form, from top to bottom

→ heat transfer coeff. inv. prop. with k & heat transfer

← توزيع الحرارة hot تربيب هو مصدر الميه و cooler عند الموقع التربيب

water flow هو الـ

→ $k_{solid} > k_{liq} > k_{gas}$

4-20 :-

4.9 → assuming ideal solution

Fludized bed

↳ heat transfer unit

* من التجربة :-

→ هدف التجربة حساب الـ heat transfer coeff في الـ Fludized bed ، وأثر تأثير الـ Fluid velo. على الـ pressure drop خلال عملية الـ Fludization .

→ فكرة عن الجهاز :-

① فنا air blower عشان يضخ الهواء على الجهاز (راح يضخ هواء مضغوط) بتحكم في الـ flow rate بتبع الهواء عن طريق bleed control valve

② الهواء بعد ما يدخل على الجهاز راح يدخل على 2 Flowmeter واحد لـ low air flow وواحد لـ high air flow هدول التنين مكملات لبعض عشان يعطيني كل الـ Full scale reading بكل التجربة (ما بقدر أشتغل على واحد وأترك الثاني) ، الهواء بدخل أول اشي في low وبعد ما يخلص الـ scale منه بقفل على الكبير عشان أعطي الـ full range (وهي إلها calibration curve)

③ راح يدخل عند الهواء بعد الـ Flowmeters على الـ bed (glass cylinder) وهت فيها الـ bed بكون هونا هون oilshale محروق وأخذنا الـ ash بتبعه ومخلفات ثوية متوفرات بحيث يكون مادة خفيفة تتطاير مع الهواء وتنقل حرارة عالية ، فنا heater مغموس داخل الـ bed ، بتحكم في درجة حرارة الـ heater عن طريق الـ voltmeter ، الهواء بدخل جوا الـ cylinder راح يلاقي تحت filter + diffuser ، عشان يوزع الهواء على الـ cylinder كلها ويعطي الهواء من أي ثوانب كبيرة عالقة منه ، وفي فنا sensor بقيس درجة حرارة الهواء الداخل على الـ bed ، الـ heater وظيفته يسخن الـ bed لوجود رطوبة فنا شي واصل مع manometer عشان يعطيني قراءة الـ pressure drop داخل الـ cylinder وفيه فنا شي ثاني بعطينا قراءة الـ Temp بتحت الـ bed

① → لـ Fluid (الـ bed) .

② → لـ heater .

③ → الهواء اللي داخل على الـ bed .

← عاملت بناخذ قراءة الـ V و الـ A

← وعنا electric thermometer عشان ناخذ قراءات الحرارة جوا جهازنا ، كل الـ sensors واصلة معه وعنا عدة scales ، احنا راح ناخذ القراءات على الـ scale (الأعلى) في بحث switch بختار منه الـ scale اللي بدي اشتغل عليه وفي switch جنبه عشان ناخذ قراءات الـ Temp

← بهمنا في البحث T_2 اللي هي حرارة الـ heater بتكون ثابتة وباخذ قراءة ① و ⑤ . (بدنا حرارة T_2 تثبت على range بين الـ 80 والـ 100 تقريبًا)

← بشغل الجهاز بين حالتين الـ low flow بشكل high وبشكل لحد الـ max flow rate

← خلال هاي العملية بدنا نشوف الـ observations على الـ bed (شو بصير فيه مع زيادة الـ flowrate)

← لما الـ flow rate يكون قليل الـ bed بكون ساكن static بزيد الـ flowrate شوي في البداية ما بلاحظ شي بتغير ، بعدين راح بلش يصير bubbling بلش الهواء يدخل بحبيبات الـ bed وبعمل فقاعات ، مع زيادة الـ flowrate الـ bubbling بزيد وبصير عندي turbulance جوا وبنوصل هيك لنوصل في النهاية لـ fluidization انو الـ bed بصير مغطي جزء كبير من الـ cylinder

← بين كل trial والثانية ما أرفع الـ flow الهواء عشان الهواء اللي بدخل على الـ bed بحبيبات أكبر من الأول راح يرد شوي عندي الـ heater بين كل trial والثانية برجع برفع الفولتية بمقدار بسيط حتى أثبت T_2 ترجع مثل ما كانت بين الـ 80 والـ 100 (±5) تقريبًا

* calibration curves :- (عشان ناخذ منه قراءات الـ flowrate بدل الهواء بـ L/min)

← عنا two curves واحد لـ high والثاني لـ low ← high/low

← قراءة الـ flow rate بدل الهواء من الجهاز هي محور (y) والقراءة اللي بدي اياها بـ L/min في محور (x) بكون بحث وبكمل من مؤقت ، مثلًا 5 ← بعيني لأقطع الـ curve وباخذ القراءة اللي الـ low من بحث والـ high من مؤقت

4-13 :-

① Binary mix of ① & ②

X_1 & X_2 & y_1 & y_2 & α & μ

table 4.4

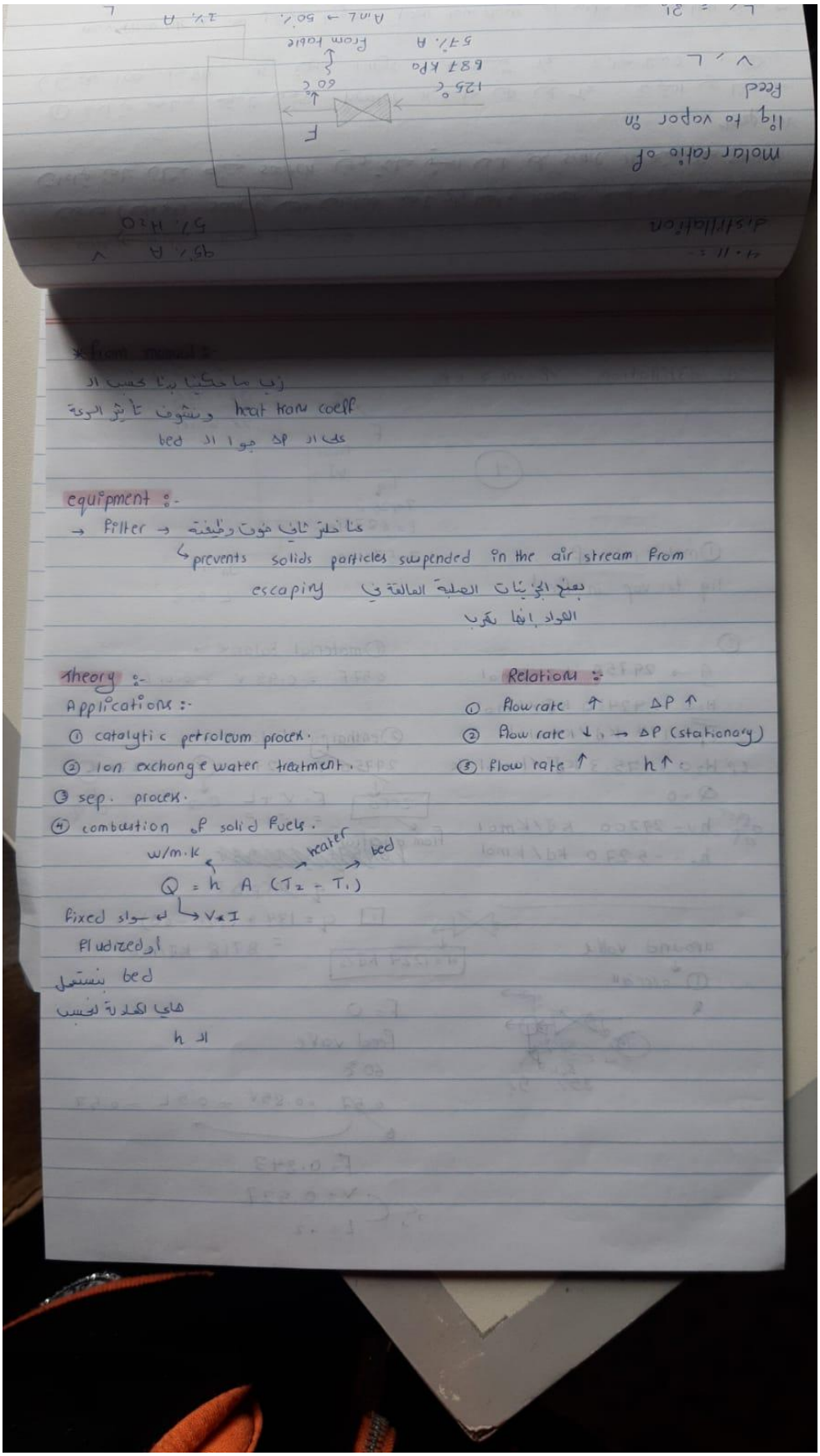
5.6.3

X

4.14 :-

equi flosh using a graph =>

Binary mix =>



*from mode 2

زي ما حكينا بردا حسب الـ heat tran coeff وبتشوف تأثير الريح على الـ ΔP جوا الـ bed

equipment :-

→ Filter → هنا خلز ثاني هوت وظيفته

↳ prevents solids particles suspended in the air stream from escaping بمنع الجزيئات الصلبة العالقة في الهواء انها تهرب

theory :-

Applications :-

① catalytic petroleum procss.
② ion exchange water treatment.
③ sep. procss.
④ combustion of solid fuels.

$Q = h \; A \; (T_2 - T_1)$

w/m.k ← h
A → heater
T_2 → bed
T_1

Q → $V \times I$ ← fixed سواء
Fludized أو

بنستعمل bed هاي الكلمة لنحسب الـ h

Relations :-

① Flow rate ↑ ΔP ↑
② Flow rate ↓ → ΔP (stationary)
③ Flow rate ↑ h ↑ :

exp 8- Fluidized bed Heat transfer unit.

obj:- ① Calc. the Heat transfer coeff in Fluidized bed

② show the effect of fluid velocity on pressure drop through the fluidized bed

type of Heat transfer → Convection

- upper filter → prevent solid particle suspended in the air stream from escaping
- two flow meter is used, one tenth the range of the other
- Power input controlled by → variable transformer
- Surface temp measured by → thermo couple

tubular pressure probe → measure the pressure drop through the fluidized bed

- Major advantage of fluidized bed → better rate of heat transfer compare to similar conditions in traditional operation.
- Application of fluidization
  - catalytic petroleum processes
  - ion exchange water treatment
  - seperation process
  - combustion of solid fuels

↗ VI

- $Q = hA(T_2 - T_1)$

Conc.

air flow rate ↑, heat transfer coeff ↑, ΔT ↓, ΔP ↑, Q ↑

Fluidized Bed Heat Transfer unit (convection) ← movement like particle

→ calculate Heat transfer coeff in fluidized Bed.

→ Fluidization أشوف تأثير Re fluid velocity خلال Pressure drop على

Air Blower ← بضخ الهواء عن الجهاز (الهواء مضغوط)

Bleed control valve ← يتحكم بال flow rate بمرور الهواء عن طريق (القالف الأحمر بالجهاز)

أول شي الهوا رح يدخل عن two flow meter واحد لل low air flow والثاني لل high air flow (مكالبة لبعض)

وبعدين الهوا رح يدخل لل Bed وبتحت مادة اللي هي (oil shale + فوسفات موجود) ومميزتها انها ماده خفيفة بتطاير مع الهوا وبتتحمل حرارة عالية، وتحت ال Bed عندي heater ويتحكم بدرجة حرارته عن طريق volt meter

← أول ما يدخل الهوا لل Bed بالأنبوب تحت filter + diffuser عشان يوزع الهوا على ال cylinder كلها ويصفي الهوا من الشوائب

المانومتر اللي عجنب عشان نقيس ال Pressure drop داخل ال cylinder

T_3 ← لقياس حرارة الهوا الداخل

T_1 ← Bed حرارة ال (fluid)

T_2 ← heater حرارة ل (رح تتكرر ثانية)

عند ال flow rate القليل ال Bed رح يبقى ساكن وكل ما زدنا ال flow رح يبلش يصير عنده Bubble وبتزيد مع زيادة ال flow ويصير عندي بالآخر turbulance ولغاية ما يصير fluidization

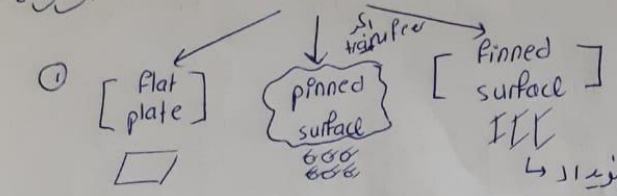
← الهواء عالي بدخل عال Bed رح يبرد ال heater ← رح يرفع حرارته كل run.

air flow rate ↑ , heat transfer coeff (h) ↑ , $\Delta T (T_1 - T_2)$ ↓ , ΔP ↑

[9]

*convection (free & forced convection)

→ change in density → fan



② heat transfer coefficient

↳ $h_c = \frac{Q}{A_s T_m}$

Anemometer → air velocity in the duct

p & T diff → طردية

air velocity & T diff → عكسية

Forced > free

[V]

losses

① Fl

② K_L (

③ $\frac{P}{\downarrow}$

resistan

coeff

① do

② hy

tota

R

f

sud

ex

r

exp 9- free and forced convection.

Obj:- ① how heat convect from a choice of 3 diff surface (Flat, pinned, finned) both under free & forced convection
② determine free & forced conv. heat transfer coeff for the three surfaces.

talk about convection → heat transfer by fluid.

- Fixed theromcouple probe → measure the inlet air temp. in the duct
- Movable thermocouple probe → measure the temp. distribution across the duct at the out.

- each heat transfer surface has two sides → exposed front side / enclosed back side
- heat transfer surface often coated matt black to max. the heat transfer by both convection & Radiation

- Flat plate
  - simply a flat aluminum plate
  - unique from the other two.
  - fits completely flush with the inner wall
  - no extra fins or pins that penetrate the duct airflow
- Finned surface
  - popular surface design used in for (heat sinks)
  - effectively increases the available heat transfer area
  - useful for demonstration of free convection (vert & hor)
- pinned surface
  - popular surface design used in heat exchangers
  - effectively " " " " " " " " " " " "

type of convection
- free convection : transfer of fluid under ρ change
- forced conv : external force moves air around the surface

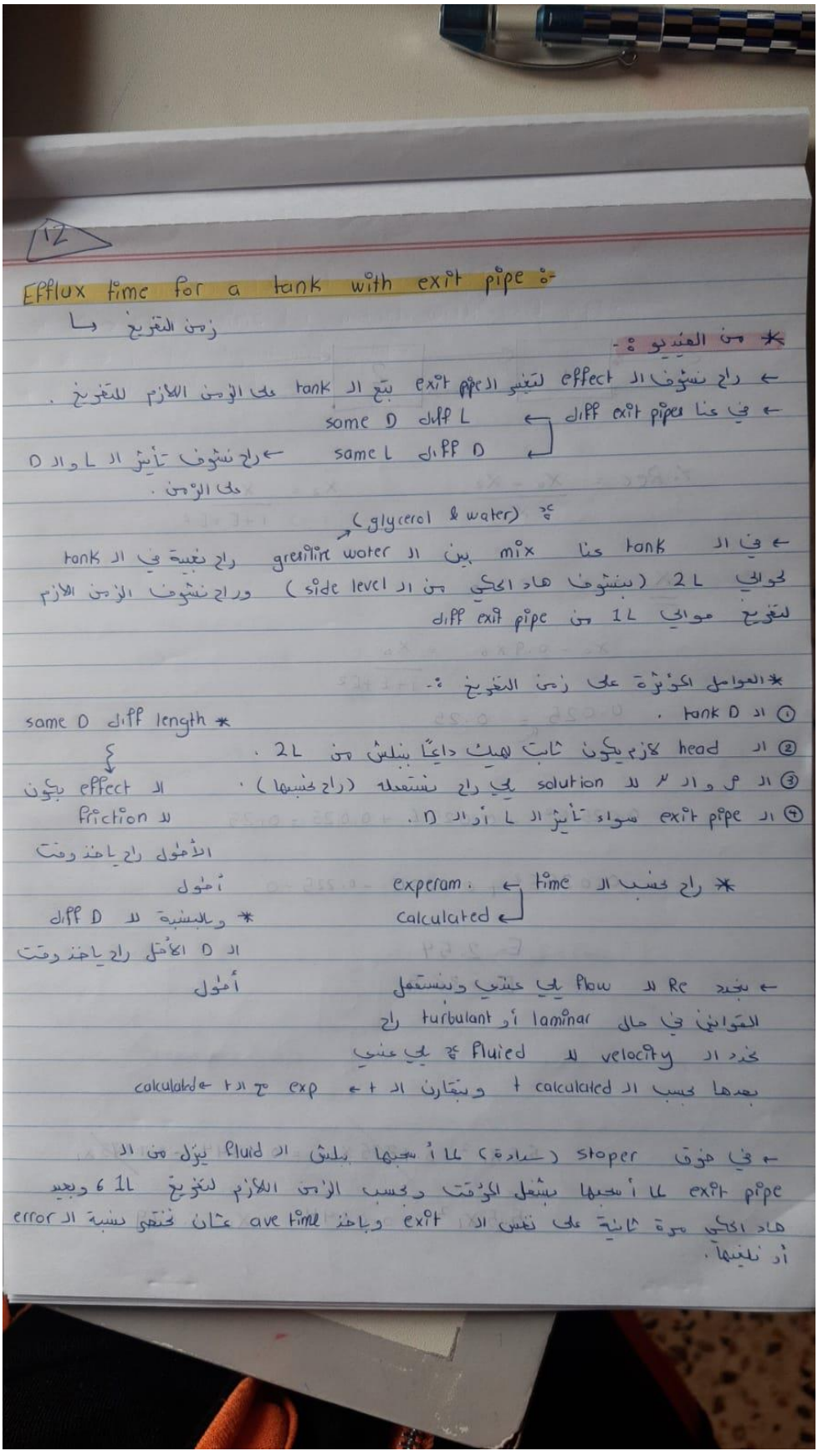
بار Free ← heat energy حواليه الـ object عالية بالتالي بتنقل كتافة الـ air تقريب
فبتسخن هاد الـ object وبعيد اقل من كتافة الهوا باكيط وبعيد انتقال بشكل طبيعي
بار forced ← بتكون في قوة خارجية بتحرك الهوا وبتنقل بعيد عن هاد الـ object
كل ما كان الـ air اسرع بتكون انتقاله بعيد عن الـ object اسرع

- heat transfer coeff → material's ability to conduct heat to another material
- conv. heat transfer occure between ① surface of a material
  ② moving fluid
- heat transfer to air better in forced conv. than free conv.

$$T_m = \frac{T_{out} - T_{in}}{\log \frac{T_s - T_{in}}{T_s - T_{out}}}$$

Exp
- Free conv. → for all 3 heat transfer surfaces
- forced conv → for pinned & finned heat transfer surfaces
- Heat transfer coeff → for 3 surfaces & for forced and free

Conc.
① in pin surface: $\Delta T \uparrow$, Power ↑
② air velocity ↑, $\Delta T \downarrow$
③ pinned surface has largest surface area. So more eff. in Heat tr.



12

Efflux time for a tank with exit pipe :-

زمن التفريغ ←

* من الفيديو :-

← راح نشوف الـ effect لتغيير الـ exit pipe بتع الـ tank على الزمن اللازم للتفريغ .

← في عنا diff exit pipes ← same D diff L / same L diff D

← راح نشوف تأثير الـ L والـ D على الزمن .

← في الـ tank عنا mix بين الـ greasing water (glycerol & water) راح بغيبة في الـ tank حوالي 2 L (بنشوف هاد الكمي من الـ side level) وراح نشوف الزمن اللازم لتفريغ موالي 1 L من diff exit pipe

* العوامل المؤثرة على زمن التفريغ :-

① الـ tank D .

② الـ head لازم يكون ثابت لهيك داعًا بنبلش من 2 L .

③ الـ ρ و الـ μ للـ solution اللي راح نستعمله (راح نحسبها) .

④ الـ exit pipe سواء تأثير الـ L أو الـ D .

same D diff length *

الـ effect يكون { friction للـ

الأطول راح ياخذ وقت أطول

* وبالنسبة للـ diff D الـ D الأقل راح ياخذ وقت أطول

* راح نحسب الـ time ← experam. / calculated

← بنجد الـ Re للـ flow اللي عندي وبنستعمل المعادلتين في حال laminar أو turbulant راح نجد الـ velocity للـ fluied اللي عندي بعدها نحسب الـ t calculated وبنقارن الـ t exp مع الـ t calculated

← في فوق stoper (سدادة) لما أسحبها بنبلش الـ fluid ينزل من الـ exit pipe لما أسحبها بشغل الوقت وبحسب الزمن اللازم لتفريغ 1L و 6 وبعيد هاد الكمي مرة ثانية على نفس الـ exit وباخذ ave time عشان نحقق نسبة الـ error أو نلغيها .

depth of liq in the tank

* طريقة حساب H_1 و H_2 :-

H_1 ← من بداية التفريغ لنهاية الـ tank

H_2 ← من نهاية التفريغ لنهاية الـ tank

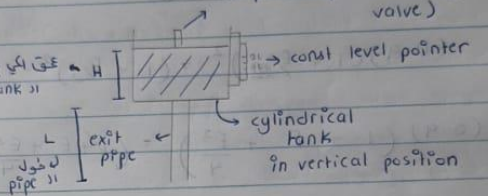
يعني من فوق من جهة الـ (1L) ← يعني من وقت (0L)

← بنقيسهم في الكشكوة ونسجلهم عشان نحسب الـ velocity

* from manual :- (من عندي)

objective :-

↳ نفس ما حكينا قبل نشوف كيف الـ eff time يعتمد على الـ D و الـ L لـ exit pipe



Equipment :-

Theory :- (النظريات)

① steady state mom. balance

② ignore the head loss due entrance & exit pipe.

$\Delta P = 4f \frac{L}{d} \frac{\rho \bar{v}^2}{2}$

(P_o) ↓

$\Delta P = \rho g h$

↳ total head = H+L

"type of Flow"

* laminar: $f = 16/Re$

$\bar{v} = \frac{(L+H)\rho g d^2}{32 \mu L}$

$\bar{v}$ ← time ave velocity cm/s

* turbulent: $f = 0.079\ Re^{-0.25}$

$\bar{v} = \frac{(L+H)^{4/7} \rho^{4/7} g^{4/7} d^{5/7}}{(0.079 \times 2)^{4/7} \mu^{1/7} L^{4/7}}$

↳ For incomp. fluid

↳ under isothermal condition

$\leftarrow (\bar{v} = (L+H)^{4/7} \cdot C) \leftarrow C = \left(\frac{g d^{5/4} \rho^{1/4}}{(0.079 \times 2) L \mu^{1/4}} \right)^{4/7}$

(9) [5/2] ← cross flow

$$\frac{dH}{dt} = \left(\frac{d}{D_T}\right)^2 \bar{v}$$

D_T ← tank diameter

* volumetric flow rate = volume of tank / time

* velocity = vol. flow rate / area

=> laminar :-

$$t_{eff} \text{ (efflux time)} = \frac{32\ \mu L\ D_T^2}{\rho g d^4} * \ln\left[\frac{L + H_1}{L + H_2}\right] \qquad * Re = \frac{\rho v d}{\mu}$$

=> turbulant :-

$$t_{eff} = \frac{7}{3} \frac{D_T^2}{\partial^2} \frac{\beta}{c} \left[(L + H_1)^{3/7} - (L + H_2)^{3/7}\right]$$

* عشان حسب أرقيس ال μ و ال ρ من التجربة :.

* μ ← باستخدام viscometer .

* ρ ← 50ml density bottle

* Relations :-

① L ↑ → Re ↓ → v ↓ → laminar

Friction ↑ ← بسبب زيادة ← Re ↓ d ↓

② L ↑ $\left(\frac{t_{exp}}{t_{calc}}\right)$ ↓ ⇝ linear relation

③ $t_{exp} > t_{calc}$ (all ratios greater than 1)

vary cross section area ← روابيب ← Friction ← خلوا منا بد

④ $\left(\frac{D_T}{d}\right)$ ↑ $\left(\frac{t_{exp}}{t_{calc}}\right)$ → inc. then dec.

⑤ L ↑ ← طردية ← eff time ↑

⑥ D ↓ (pipe) ← عكسية ← eff time ↑

⑦ efflux time

d ← علاقة طردية بين ال ٢ و ال ٧

L ← علاقة عكسية بين ٧ و ٢

exp 12- efflux time for a tank with exit pipe:

obj. to show the dependence of the efflux time for a tank with exit pipe, on pipe length & diameter

$$-\Delta p = 4f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho \bar{v}^2}{2}$$

$$-f = \begin{cases} 16/Re & \text{(Laminar)} \\ 0.079/Re^{0.25} & \text{(Turbulance)} \end{cases}$$

- use the glycerol/water as the fluid
- Viscometer → to measure the fluid viscosity
- pipes at constant diameter and diff length: ↑ length, efflux time ↑
- pipes at constant length & diff diameter: ↑ diameter, efflux time ↓
- when increasing the length, the average velocity decrease

increase length ↑, time ↑, velocity ↓, Reynold ↓

decrease diameter ↓, time ↑, area ↓, velocity ↓, Re ↓