



Multi-Stage Flash (MSF) Problems

For MSF desalination plant show that

$$\frac{\text{Recovery Ratio}}{GOR} = \frac{C_{pbrine}(t_3 - t_2)}{\lambda_s}$$

Problem 1

MSF desalination plant is used to produce fresh water from seawater under the following conditions:

Recovery ratio, RR	0.09
GOR	7.795
Temperature of brine leaving the brine heater	192.0 °F
Process saturated steam temperature	218.5 °F
C _p for brine	0.931 Btu/lb °F
Overall heat transfer coefficient	500 Btu/hr ft ² °F
Latent heat of process steam	966.0 Btu/lb
Latent heat of the distillate	1014.0 Btu/lb
Area of brine heater	60.153 ft ²

Find:

- the distillate temperature, if $t_4 = t_3 - RR \lambda_w / C_p$.
- the temperature of brine enters the brine heater.
- the intake seawater temperature.
- the amount of the process steam in lb/hr.
- the amount of the distillate in lb/hr.
- the amounts of feed water and blowdown if the concentration of the blowdown is equal to 1.5 the feed concentration.
- the area economy in lb/hr ft², knowing that the mean temperature difference for both recovery and rejection sections is constant and giving by:

$$\theta_m = t_3 - t_c - \left(\frac{W}{W_f + W_r} \right) \left(\frac{\lambda_w}{C_p} \right)$$

Problem 2

5 mgd desalinated water are to be produced by MSF process operated at : seawater temperature of 70 °F, cooling water stream at 80 °F, discharge brine temperature at 110 °F, saturated process steam at 220 °F, brine circulate ratio at 10 lb brine/lb product, heat transfer coefficient for recovery and rejection at 500 Btu/hr ft² °F, heat transfer coefficient for brine heater 700 Btu/hr ft² °F. Latent heat of water at 110 °F is 1030.9 Btu/lb. The BPE per stage is assumed to be constant at 2 °F. Calculate:

- temperature of saline water leaving brine heater.
- daily steam consumption (heating value = 1000 Btu/lb).
- number of tubes required in the brine heater if each tube is 18 ft long and 1 inch OD.
- critical minimum number of stages.
- if 600% of this minimum number of stages are used calculate the mean temperature driving force and the area economy of the process in this case.

$$\theta_m = (t_3 - t_c - BPE) - \left(\frac{2n+1}{2n} \right) \left(\frac{w_d}{w_f + w_r} \right) \left(\frac{\lambda}{c_p} \right)$$

$$\frac{w_d}{A} = \left(\frac{U_o}{c_p} \right) \left(\frac{w_d}{w_f + w_r} \right) \theta_m \left[\frac{w_d}{w_f + w_r} \frac{\lambda}{c_p} + \theta_m \ln K \right]^{-1}$$

$$K = \frac{t_h - t_c - [w_d / (w_f + w_r)] (\lambda / c_p)}{t_h - t_3}$$

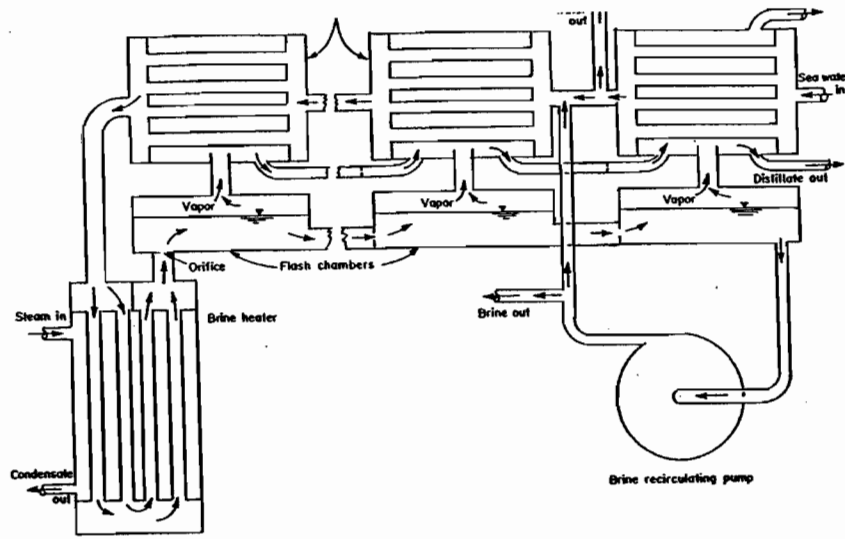


FIG. 4-3. Multiple-stage flash distillation plant. (Schematic cross section.)

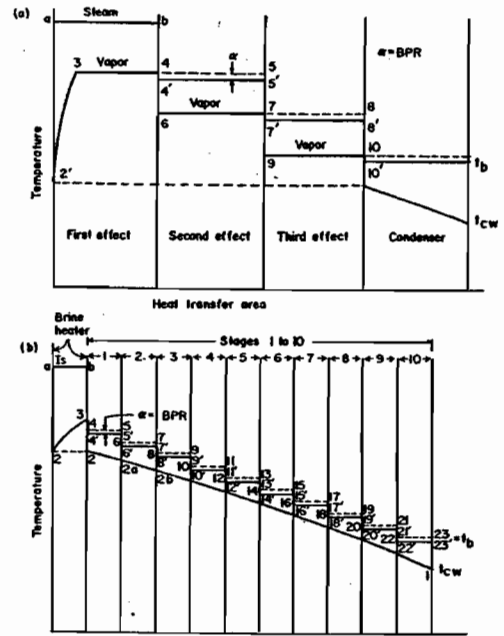
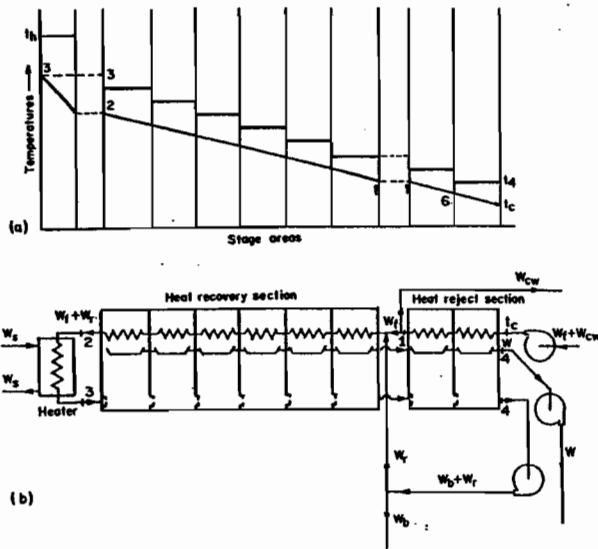


FIG. 4-4. Diagram of temperature profiles of a multiple-effect (a) and a multiple-stage flash distillation plant (b).

التبخير (التقطير) متعدد المراحل MEE :

تمت هذه الطريقة إلى زيادة الاستفادة من حرارة التسخين الداخلية للمحطة ، وذلك بتخفيض الضغط في الوحدات المتتالية كما هو موضح في الشكل ٢-٤ صفحة ٦٤ و ٦-٦ صفحة ١٣٨ في الكتاب للقرر ، إذ أن درجة الغليان تنخفض بانخفاض الضغط مما يتيح للبخار المتكون في الوحدة الأولى إمكانية تبخير الماء المالح في الوحدة الثانية عند تكافئه داخل هذه الوحدة ، ثم يستغل من البخار المتكون في الوحدة الثانية لتبخير مياه الوحدة الثالثة ، وهكذا تتكرر فعالية البخار (ثاني) البخار وتزيد نسبة إنتاج المياه العذبة (التبخيرة) المحلاة بالنسبة للبخار المستخدم وتعرف بنسبة العائد GOR أو اقتصاد الوقود Steam Economy والذي يتراوح فيما بين ١.٠-٤ في معظم المحطات من هذا النوع.

تمتاز عملية التبخير (التقطير) متعدد المراحل MEE بمقدرتها على التغلب على تكوين القشور Scale Forming على الأنابيب والتي تحدث من انتقال الحرارة ، وتزيد فيها المساحة السطحية للتسخين. يؤثر عدد التآثيرات أو عدد المراحل Number of Stages على كمية المياه المنتجة ، ذلك أن $GOR = W / W_s = \text{Wt of water produced} / \text{Wt of steam used}$ وحيث أن $GOR = 0.8n$ ، فإن كمية المياه المنتجة تزيد بزيادة عدد الوحدات المستخدمة (n) . وعموماً فإن GOR لا يعتبر وسيلة جيدة للمقارنة بين المحطات المختلفة لاعتماده على نوعية البخار المستخدم ، ولذلك يلجأ إلى استعمال Performance Ratio, PR والتي تعرف $PR = W / 1000 \text{ Btu of steam}$ وهنا لا تؤثر نوعية البخار في المقارنة بين أداء محطات التحلية المختلفة.

التبخير (التقطير) الرمضي MSF :

عندما ينخفض ضغط الماء فجأة إلى أقل من ضغط البخار عند درجة الغليان ، فإنه يحدث تبخير سريع للماء حتى تنخفض درجة الحرارة إلى أقل من درجة الغليان. إن البخار المتكون يتكثف ليسخن الماء الداخل على مراحل حتى يصل إلى أعلى درجة حرارة عند أول مرحلة ، ليقل بذلك كمية البخار اللازمة لتبخير المياه. وعلى عكس طريقة التبخير (التقطير) متعدد المراحل ، فإن معدل الأداء GOR or PR لا تعتمد على عدد الوحدات المستخدمة بل تعتمد على المدى الحراري للتبخير في المحطة، هناك معادلة تقريبية لمعرفة عدد الوحدات اللازمة هي

$$n = 19 + 6 \text{ mgd}$$

(أنظر الشكل ٣-٤ صفحة ٦٨ والشكل ٣-٧ صفحة ١٠٨).

مقارنة سريعة بين MEE & MSF :

التبخير الرمضي: يحتاج إلى كمية كبيرة من المياه الداخلة ولا تعطي كمية كبيرة من المياه المنتجة.

(حوالي ١١٤٣% من المياه الداخلة)

لا توجد علاقة بين نسبة الأداء وعدد المراحل وبذلك لا تعتمد كمية المياه المنتجة على عدد المراحل ، وتعتمد كمية المياه المنتجة على مدى التبخير flash range في المحطة.

التبخير متعدد المراحل (الثاني): تصل نسبة التحويل إلى ٥٠%.

توجد علاقة بين نسبة الأداء وعدد المراحل $(GOR = 0.8n)$ ، وبذلك فإن زيادة عدد المراحل تسبب في زيادة كمية المياه المنتجة.

لمعرفة تفاصيل المقارنة أنظر الكتاب المقرر على الصفحات ٧٠-٧٥.

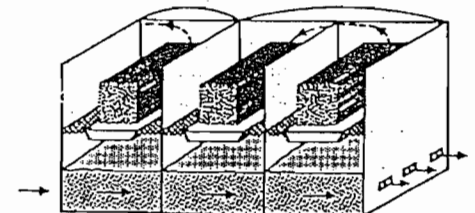


Figure 5.
A Cross-tube Plant

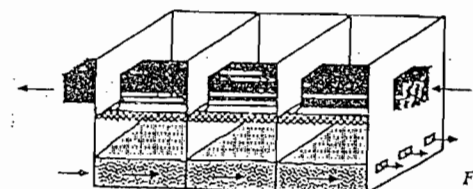


Figure 6.
A Long-tube Plant