نموذج رياضي لحساب حجم الخليط المتكون وتوزيع تراكيز المنتجات البترولية عند ضخها على التسلسل

د.م. ياسر العاني – دكتوراه نقل وتخزين النفط والغاز

كلية الهندسة البتروكيميائية – جامعة الفرات

الملخص

بهدف تقليل تكاليف نقل المنتجات البترولية، يتم ضخها وراء بعضها على التتالي حسب فرق الكثافة في أنبوب واحد. ولكن المشكلة الأكبر لهذا النوع من نقل المنتجات البترولية هي تشكل مزيج بين المنتجين المتتاليين. لذلك، تم شرح آلية تشكل هذا المزيج، وكذلك توضيح وبناء نموذج رياضي يمكننا من حساب توزع تراكيز المنتجات البترولية ضمن المزيج، والتوصل إلى المعادلات اللازمة لحساب حجم المزيج المتشكل وعلاقته بالمقاومة الهيدروليكية للمنتجات البترولية المضخوخة وسرعة الضخ. وأخيراً، تم توضيح طرق التخلص من هذا المزيج عند تسليمه في نهاية الخط.

الكلمات المفتاحية: نقل المنتجات البترولية، الضخ على التسلسل، حجم المزيج، تراكيز المنتجات البترولية.

1- المقدمة

استخدمت أنابيب النفط الرئيسية في البداية لنقل النفط الخام ثم بعدها تم استخدامها لنقل المنتجات البترولية لكل منتج خط خاص به لكي يحافظ على خواصه و نظرا للتكلفة العالية ظهرت فكرة ضخ المنتجات النفطية على التسلسل أي بعد الانتهاء من ضخ المنتج الأول يتم ضخ المنتج الثاني و هكذا[1,2,3] و لكن ظهرت لدينا مشكلة المزيج بين المنتجين البترولييين حيث يمتلك خواص تختلف عن خواص كلا المنتجين[4,5] لذلك سوف نقوم في هذه المقالة بتحديد تراكيز المنتجات البترولية ضمن المزيج و التي تمكننا فيما بعد بحساب حجم المزيج و العوامل المؤثرة على تشكل المزيج و كيفية إنقاصه إلى الحد الأدنى و توزيعه في نهاية الخط و يعود سبب تشكل المزيج إلى الفرق في الكثافة بين المنتجات البترولية لذلك يتم ضخها وفق تسلسل معين بحيث يكون الفرق أقل ما يمكن مثلا نضخ أولا البنزين ثم الكيروسين ثم الديزل ثم بعد ذلك الكيروسين ثم البنزين و هكذا [13].

2- أهمية البحث

تكمن أهمية هذا البحث بأنه يقدم حل تقني واقتصادي لنقل المنتجات البترولية إلى أماكن التوزيع والاستهلاك ومعرفة حجم المزيج المتشكل ووضع آلية للتخلص منه، يساهم هذا البحث في تقليل التكاليف التشغيلية والاستثمارية لنقل المنتجات البترولية حيث يستخدم خط واحد بدل الخطوط لكل منتج.

3- اهداف البحث

يسعى هذا البحث الى تحقيق الأهداف التالية:

1- معرفة الخطوات المتسلسلة لبناء النموذج الرياضي الذي يوضح توزع تراكيز المنتجات البترولية أثناء تشكل المزيج.
2- الحصول على معادلات هندسية سهلة تمكننا من حساب حجم المزيج.
3- دراسة علاقة حجم المزيج المتشكل بالمقاومات الهيدروليكية للمنتجات البترولية المضخوخة وسرعة الضخ.
4- توضيح الطرق الممكنة والعملية للتخلص من المزيج عن استلامه في نهاية الخط.

4- منهجية البحث

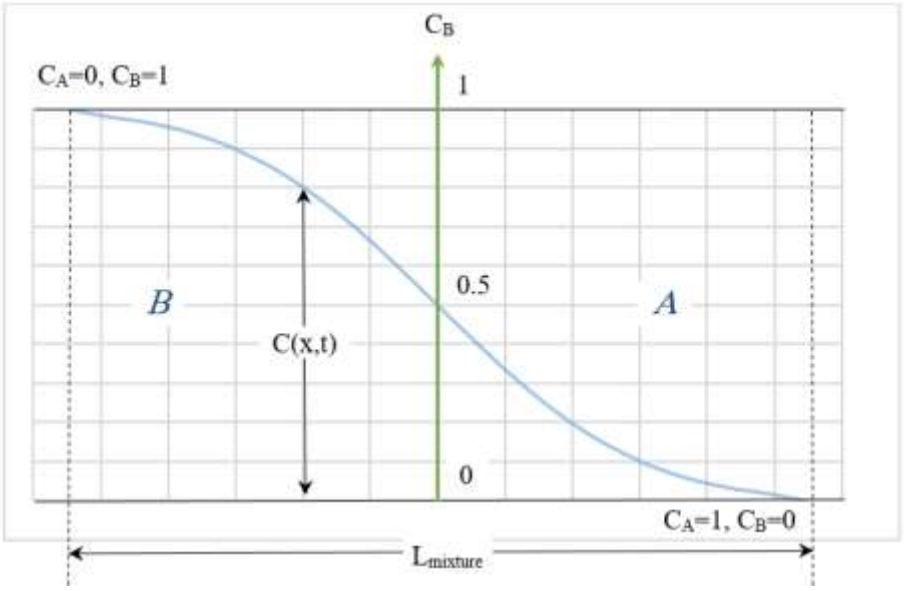
تم اتباع منهجية علمية تعتمد على المعادلات الرياضية والتفاضل الجزئي وترتيبها وفق تسلسل علمي واضح للحصول على النموذج الرياضي النهائي القابل للتطبيق العملي.

5- مواد البحث

تم الاعتماد على المعادلات الرياضية والقوانين المعروفة والموثوقة من الناحية العلمية للعديد من العلماء المختصين في هذا المجال.

6- توزع تراكيز المنتجات النفطية في المزيج

نفترض لدينا أنبوب أفقي لا يحتوي على تفرعات جانبية يضخ به السائل A ثم بعد انتهاء كميته يضخ به السائل B في اللحظة الأولى لا يوجد مزيج و الحد الفاصل بين السائلين A و B هو مستوي عمودي على محور الأنبوب و عندها يكون تركيز المادة B $C_B=1$ و تركيز $C_A=0$ و بعدها يبدأ المزيج بالتشكل حيث يقل تركيز المادة Bو يزداد تركيز المادة A و في منتصف المزيج تكون التراكيز متساوية $C_A=C_B=0.5$ أما في مقدمة المزيج فيكون تركيز $C_A=1$ و تركيز $C_B=0$. الشكل رقم 1



الشكل (1): تغير تراكيز المنتجات البترولية عند تشكل المزيج

عملية تشكل المزيج يمكن أن تصفها ذات المعادلة التفاضلية، حيث يمكن تحديد سرعة النفوذية في الاتجاه الطولي وفق المعادلة [12]:

$$V = -D\frac{\partial C_B}{\partial X} \qquad (1-6)$$

حيث أن:

v- سرعة النفوذية داخل المزيج المتشكل بالاتجاه الطولي.

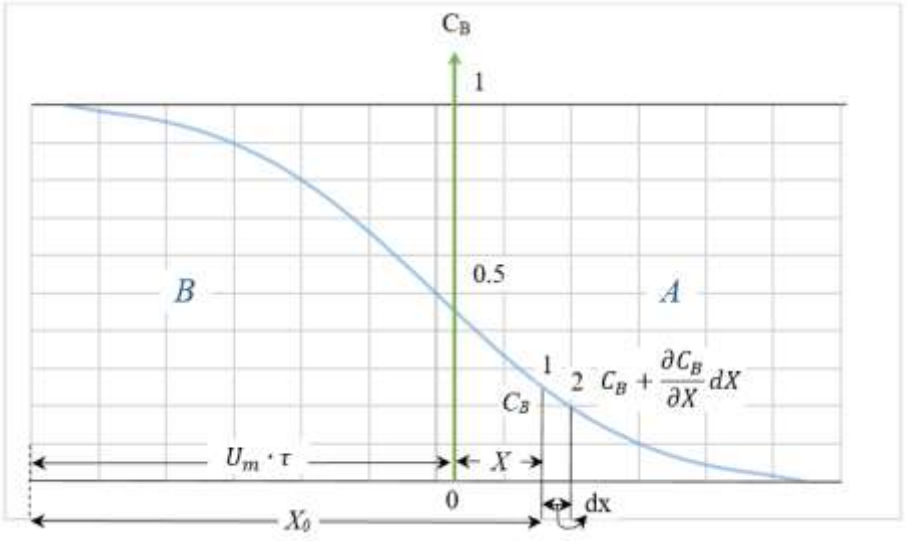
D – عامل النفوذية الطولي m^2/s.

$\frac{\partial C_B}{\partial X}$ – تدرج تركيز المادة B في المسافة المقطوعة.

و للتعبير عن تشكل المزيج نأخذ محور الإحداثيات المتحركة في منتصف المزيج أي $(C_A = C_B = 0.5)$ حيث يتحرك بنفس حركة المزيج U_m و ترتبط الإحداثيات المتحركة X مع الإحداثيات الثابتة في بداية الخط X_0 بالعلاقة :

$$X = X_0 - U_m \cdot \tau \qquad (2\text{-}6)$$

نأخذ حجماً صغيراً من الأنبوب $F \cdot d_X$ بين المقطعين (1 و 2) على مسافة X و $X + d_X$ عن بداية المحاور الإحداثية المتحركة، ولندرس توازن المادة B في ذلك الحجم الصغير حيث يكون تركيز المادة B هو C_B عند المقطع 1 و $C_B + \frac{\partial C_B}{\partial X} d_X$ عند المقطع 2 كما في الشكل رقم 2.



الشكل (2): تركيز المادة B عند حدود الحجم الصغير $F \cdot d_X$.

وبالاستعانة بالعلاقة (1-6) عبر المقطع 1 وخلال الزمن $d\tau$ تدخل حجم معين V_1 من المادة B إلى الحجم المعتبر $F \cdot d_X$ بحسب المعادلة:

$$V_1 = -D \frac{\partial C_B}{\partial_x} \cdot F \cdot d_\tau \qquad (3\text{-}6)$$

كما تخرج عبر المقطع 2 وخلال نفس الفترة الزمنية $d\tau$ حجم V_2 من من المادة B بحسب المعادلة:

$$V_2 = -D \frac{\partial}{\partial_x}\left(C_B + \frac{\partial C_B}{\partial_x} d_X\right) F \cdot d_\tau \qquad (4\text{-}6)$$

نتيجة لانتقال المادة B عبر المقطعين 1 و 2 خلال الزمن $d\tau$ فإنه سيتجمع في الحجم الصغير المعتبر كمية من المادة B مساوية إلى :

$$\Delta V = \frac{\partial C_B}{\partial \tau} F \cdot d_X \cdot d_\tau \qquad (5\text{-}6)$$

تعطى معادلة التوازن للمادة B بالنسبة للحجم $F \cdot d_X$ بالعلاقة التالية:

$$\Delta V = V_1 - V_2 \qquad (6\text{-}6)$$

بتعويض قيم $\Delta V . V_2 . V_1$ من العلاقات ((3-6) و (4-6) و (5-6) في العلاقة (6-6) نحصل على المعادلة التالية :

$$\frac{\partial C_B}{\partial \tau} F \cdot d_X \cdot d_\tau = -D \frac{\partial C_B}{\partial_x} \cdot F \cdot d_\tau + D \frac{\partial}{\partial_x} \left(C_B + \frac{\partial C_B}{\partial_x} d_X \right) F \cdot d_\tau$$

$$\frac{\partial C_B}{\partial \tau} F \cdot d_X \cdot d_\tau = -D \frac{\partial C_B}{\partial_x} \cdot F \cdot d_\tau + D \frac{\partial C_B}{\partial_x} \cdot F \cdot d_\tau + D \frac{\partial^2 C_B}{\partial_x^2} \cdot d_X \cdot F \cdot d_\tau$$

$$\frac{\partial C_B}{\partial \tau} F \cdot d_X \cdot d_\tau = D \frac{\partial^2 C_B}{\partial_x^2} \cdot d_X \cdot F \cdot d_\tau$$

$$\frac{\partial C_B}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 C_B}{\partial_x^2} \qquad (7-6)$$

إن حل المعادلة السابقة ضمن الشروط [12]:

$$C_{\mathrm{B}} = \begin{cases} 1 & \text{For } \mathrm{X} < 0 \\ 0 & \text{For } \mathrm{X} > 0 \end{cases}$$

نحصل على المعادلة التالية:

$$\mathrm{C_B} = 0.5(1 - \mathrm{erF\ Z}) \qquad (8-6)$$

المعادلة (6−8) تمثل توزع تركيز المادة المضخوخة الثانية B الشكل رقم 3.

أما تركيز المادة A يعطى بالعلاقة:

$$\mathrm{C_A} = 0.5(1 + \mathrm{erF\ Z}) \qquad (9-6)$$

حيث أن erF Z تابع الخطأ يعطى بالعلاقة [12]:

$$\mathrm{erF\ Z} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^Z e^{-Z^2} \cdot d_Z \qquad (10-6)$$

حيث أن Z بارامتر تابع الخطأ يعطى بالعلاقة [12]:

$$\mathrm{Z} = \frac{X}{2\sqrt{D \cdot \tau}} \qquad (11-6)$$

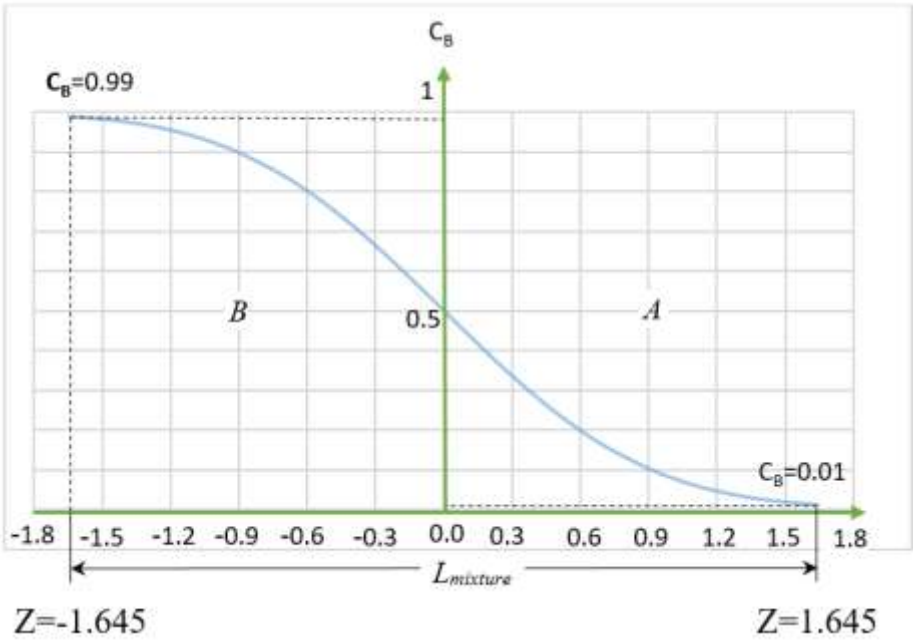
حيث أن:

τ – زمن تشكل المزيج.

مخطط التابع (6−8) يعرض بالشكل رقم 3.

بالتوافق مع تركيز المادة B عندما يكون $\mathrm{C_B} = 1$ يكون $Z = -\infty$ و عندما يكون $\mathrm{C_B} = 0$ يكون $Z = +\infty$ أي يوجد مزيج يشغل كامل الأنبوب و هذا هو عيب النموذج الرياضي المستخدم.

للأهداف الهندسية في منطقة المزيج يفهم من المنطقة حيث تركيز المنتج B في المنتج A يتغير من 0.99 إلى 0.01 قيمة بارامتر تابع الخطأ Z عند $C_B = 0.01$ يساوي $Z = 1.645$ و عندما يكون $C_B = 0.99$ يساوي $Z = -1.645$.الشكل رقم 3.



الشكل (3): مخطط التابع $C_B = 0.5(1 - erF\ Z)$.

7- حساب حجم و طول المزيج المتشكل.

البروفيسور لوريه وضع الطريقة التالية لتحديد حجم المزيج للوضع الحالي[9,10] حيث أفترض أن X_1 و X_2 إحداثيات المقاطع التي تحدد منطقة المزيج حيث يمكن أن نكتب:

$$\frac{X_1}{2\sqrt{D\cdot\tau}} = -1.645 \qquad (1-7)$$

$$\frac{X_2}{2\sqrt{D\cdot\tau}} = 1.645 \qquad (2-7)$$

طول منطقة المزيج تحدد كفرق بين X_1 و X_2:

$$L_m = X_2 - X_1 = 1.645 \cdot 2\sqrt{D\cdot\tau} - \left(-1.645 \cdot 2\sqrt{D\cdot\tau}\right)$$

$$L_m = 6.58\sqrt{D\cdot\tau} \qquad (3-7)$$

مع الأخذ بعين الاعتبار زمن تشكل المزيج $\tau = \frac{L}{U_m}$ يمكن أن نكتب:

$$L_m = 6.58\sqrt{\frac{D\cdot L}{U_m}} \qquad (4-7)$$

حيث L – المسافة التي يقطعها المزيج خلال الزمن τ .

U_m – سرعة المزيج.

وبالتالي فأن حجم المزيج يمكن أن يحسب من العلاقة:

$$V_m = L_m \cdot F = 6.58 \cdot F \cdot \sqrt{\frac{D \cdot L}{U_m}} \quad (5\text{–}7)$$

حيث F – مساحة مقطع الأنبوب.

من المعادلة (5–7) التي حصلنا عليها يتبين لنا أن طول وحجم المزيج يتغير طرداً مع الجذر التربيعي للمسافة التي يقطعها المزيج ويعتمد أيضاً على مساحة مقطع الأنبوب ومعامل النفوذية الطولي D.

عادة يتم التعبير عن طول وحجم المزيج من خلال عدد بيكليه التشابهي اللابعدي:

$$P_e = \frac{U_m \cdot L}{D} \quad (6\text{–}7)$$

وهذا بدوره يعطي:

$$\frac{L_m}{L} = \frac{V_m}{V_P} = 6.58 \cdot P_e^{-0.5} \quad (7\text{–}7)$$

حيث V_P – حجم الأنبوب.

إذا كان من الضروري حساب طول وحجم المزيج ضمن حدود أخرى لتغير التراكيز في المعادلة (6–8) من الضروري استبدال العدد 6.58 بالقيمة 4Z حيث Z– القيمة المطلقة لبارامتر تابع الخطأ للتركيز المحدد (الشكل رقم 3).

لنأخذ مثال عن حساب طول وحجم المزيج عند ضخ المنتجات البترولية بسرعة $U_m = 1.2\ \mathrm{m/s}$ بأنبوب قطره $d = 365\ \mathrm{mm}$ و طوله $L = 250\ Km$ و معامل النفوذية الطولي $D = 0.5\ m^2/\mathrm{s}$ يتم الحساب وفق الخطوات التالية:

حساب قيمة عدد بيكليه بالعلاقة (6–17)

$$P_e = \frac{U_m \cdot L}{D} = \frac{1.2 \cdot 250 \cdot 10^3}{0.5} = 6 \cdot 10^5$$

$$P_e^{-0.5} = 1.29 \cdot 10^{-3}$$

$$V_P = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \mathrm{L} = \frac{3.14 \cdot 0.365^2}{4} \cdot 250 \cdot 10^3 = 26145\ m^2$$

$$\frac{L_m}{L} = \frac{V_m}{V_P} = 6.58 \cdot P_e^{-0.5} = 6.58 \cdot 1.29 \cdot 10^{-3} = 8.49 \cdot 10^{-3}$$

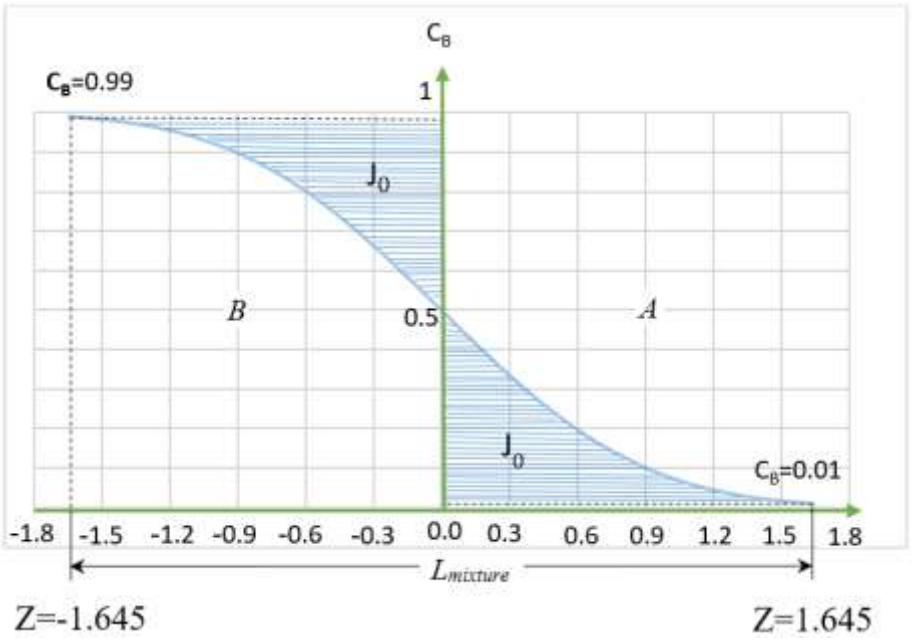
$$L_m = 8.49 \cdot 10^{-3} \cdot L = 8.49 \cdot 10^{-3} \cdot 250 \cdot 10^3 = 2122\ m$$

$$V_m = 8.49 \cdot 10^{-3} \cdot V_P = 8.49 \cdot 10^{-3} \cdot 26145 = 222\ m^3$$

و هكذا في اتصال واحد للمنتجات البترولية التي يتم ضخها خلال زمن الضخ τ (الزمن اللازم لوصول منتصف المزيج إلى نهاية الخط) $\tau = \frac{L}{U_m} = \frac{250 \cdot 10^3 25}{1.2 \cdot 3600} = 57.9\ h$ يتشكل حجم مزيج يساوي 0.849% من حجم الأنبوب أي $222\ m^3$ (عند حدود تركيز من0.01 إلى 0.99) و طول المزيج في الأنبوب يساوي $2.12\ Km$.

يتم حساب حجم المنتج البترولي الأول في المنتج البترولي الثاني بالعلاقة [10]:

$$J_0 = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot P_e^{-0.5} \cdot V_P \qquad (8\text{-}7)$$



الشكل (4): حجم المنتج البترولي الأول في المنتج البترولي الثاني j_0.

إذا أخذنا نسبة حجم المنتج البترولي الواحد في المنتج الآخر J_0 إلى حجم المزيج الكلي نحصل على:

$$\frac{J_0}{V_m} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot P_e^{-0.5} \cdot V_P \cdot \frac{1}{6.58 \cdot P_e^{-0.5} \cdot V_P} = \frac{1}{\sqrt{\pi} \cdot 6.58} = 0.0858$$

أي أن حجم المنتج البترولي في المنتج الآخر حوالي 1/12 من حجم المزيج المحدد ضمن التراكيز من0.01 إلى0.99 في المثال الحجم يساوي $19\ m^3$ لكل منتج في المنتج الآخر.

8- حساب معامل النفوذية الطولي D.

يتم حساب معامل النفوذية الطولي D بعدة صيغ تجريبية سوف نذكر بعضها:

1) قانون أساتوريان

$$D = 17.4\ v_{avg} \cdot Re_{avg}^{2/3} \qquad (1\text{-}8)$$

2) نيجفل – ايبلونسكي

$$D = 28.7 v_{avg} \left(Re_{avg}\sqrt{\lambda}\right)^{0.755} \quad (2-8)$$

3) سينتسير

$$D = 1.32 \cdot 10^7 \left(\frac{\lambda}{4}\right)^{3.6} \left(\frac{L}{d}\right)^{0.141} \cdot U_m \cdot d \quad (3-8)$$

حيث أن:

v_{avg}– اللزوجة الحركية الوسطية والتي تحسب من العلاقة:

$$v_{avg} = \frac{v_A + 3 \cdot v_B}{4}$$

v_A . v_B – اللزوجة الحركية للسائلِ A و B على التوالي.

λ – معامل المقاومة الهيدروليكية (عامل احتكاك دارسي [11]).

d – قطر الأنبوب.

نحسب قيمة عدد بيكله عند استخدام صيغة سينتسير نتيجة المعالجة نحصل:

$$P_e{}^{-0.5} = \left(\frac{D}{U_m \cdot L}\right)^{0.5} = \left[\frac{1.32 \cdot 10^7 \left(\frac{\lambda}{4}\right)^{3.6} \left(\frac{L}{d}\right)^{0.141} \cdot d}{L}\right]^{0.5} = 300 \lambda^{1.8} \left(\frac{d}{L}\right)^{0.43}$$

وبالتالي نحصل على حجم المزيج:

$$V_m \approx 2000\, \lambda^{1.8} \left(\frac{d}{L}\right)^{0.43} \cdot V_P \quad (4-8)$$

هذه المعادلة صالحة للمنتجات البترولية التي لها نفس اللزوجة أما إذا كانت اللزوجة مختلفة نحصل على المعادلة:

$$V_m \approx 1000\, (\lambda_A^{1.8} + \lambda_B^{1.8}) \left(\frac{d}{L}\right)^{0.43} \cdot V_P \quad (5-8)$$

9- استقبال وتوزيع المزيج في نهاية خط الأنابيب.

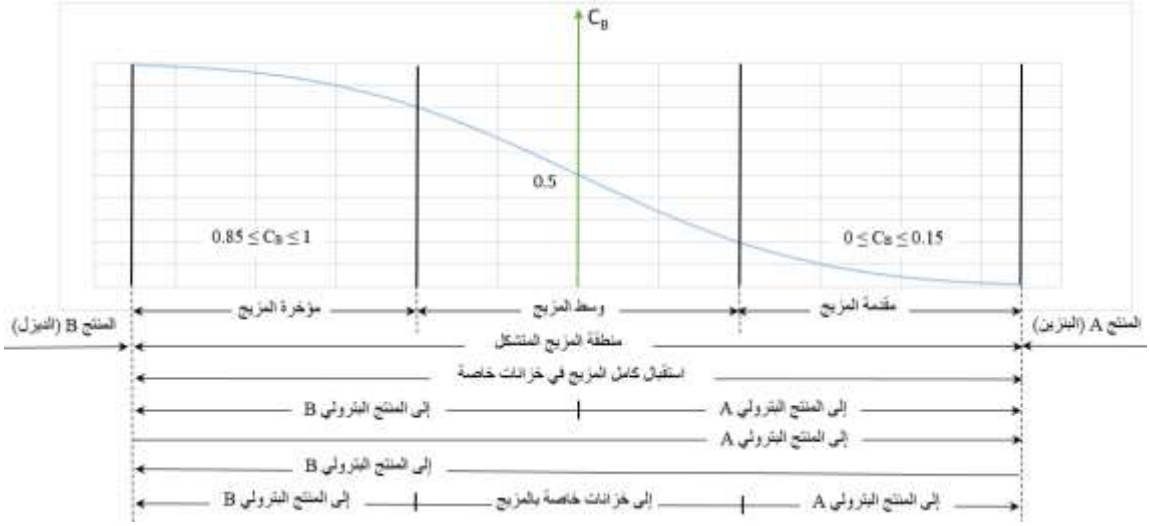
يتم توزيع الخليط الناتج في النقطة النهائية من خط الأنابيب إلى خزانات تحتوي على منتجات بترولية تجارية تتمتع بجودة معينة من حيث المؤشرات التشغيلية وهي كميات احتياطية لضمان استمرارية ضخ المنتج البترولي لمراكز التوزيع دون توقف حيث يستخدم المنتج المخزن من الخزانات حتى وصول الدفعة التالية من المنتج نفسه من الخط [6,7,8]. من الممكن استخدام الخيارات التالية لتوزيع الخليط الشكل رقم 5:

1. استقبال كامل المزيج في خزانات خاصة.
2. تقسيم الخليط إلى نصفين عند مقطع تساوي التراكيز.
3. يتم قبول الخليط في أحد المنتجات البترولية (الأغلى مثلا).
4. تقسيم الخليط الى ثلاثة أقسام مقدمة المزيج ومؤخرة المزيج ووسط المزيج

يتم إرسال مقدمة المزيج (جزء من الخليط المجاور لدفعة البنزين والذي لا يقل تركيز البنزين فيه عن 85 %) إلى خزانات البنزين.

يتم إرسال مؤخرة المزيج (جزء من الخليط المجاور لدفعة وقود الديزل والذي لا يقل تركيز الديزل فيه عن 85 %) إلى خزانات وقود الديزل.

أما وسط المزيج يرسل إلى خزانات خاصة بالمزيج.



الشكل (5): خيارات توزيع المزيج إلى المنتجات البترولية.

النتائج والمقترحات

بناءً على المعطيات التالية لأحد خطوط نقل المنتجات البترولية على التسلسل طوله 250 Km وقطره d=365 mm و خشونته Δ=0.2 mm و لزوجة المنتج البترولي الأول A هي ν_A=0.55 mm^2/s و لزوجة المنتج البترولي الثاني هي ν_B=6 mm^2/s

تم حساب عدد رينولدز والمقاومة الهيدروليكية لكل منتج نفطي وذلك عند سرع ضخ مختلفة وحساب حجم المزيج المتشكل بالاعتماد على المعادلة (8-5) فكانت النتائج كما في الجدول رقم 1:

سرعة المزيج U_m	Re_A	Re_B	λ_A	λ_B	حجم المزيج
0.1	66363.636	6083.3333	0.021905	0.035826	285.5074
0.2	132727.27	12166.667	0.019849	0.030126	217.7924
0.3	199090.91	18250	0.018996	0.028125	195.2712
0.4	265454.55	24333.333	0.018523	0.026449	178.7135
0.5	331818.18	30416.667	0.018221	0.025266	167.6612
0.6	398181.82	36500	0.018010	0.024374	159.6727
0.7	464545.45	42583.333	0.017855	0.023672	153.5871
0.8	530909.09	48666.667	0.017737	0.023101	148.7745
0.9	597272.73	54750	0.017643	0.022625	144.8604
1	663636.36	60833.333	0.017566	0.022222	141.6069
1.1	730000	66916.667	0.017503	0.021875	138.8546
1.2	796363.64	73000	0.017450	0.021573	136.4927
1.3	862727.27	79083.333	0.017404	0.021307	134.4414

1.4	929090.91	85166.667	0.016829	0.021070	129.6305
1.5	995454.55	91250	0.016829	0.020859	128.2319
1.6	1061818.2	97333.333	0.016829	0.020669	126.982
1.7	1128181.8	103416.67	0.016829	0.020496	125.8575
1.8	1194545.5	109500	0.016829723	0.02033956	124.8402
1.9	1260909.1	115583.33	0.016829723	0.02019587	123.9151
2	1327272.7	121666.67	0.016829723	0.02006387	123.0698

يتم حساب عدد رينولدز بالعلاقة:

$$Re = \frac{U_m \cdot d}{\nu}$$

بعدها يتم تحديد نوع الجريان وفق مايلي:

عند Re<2320 يكون الجريان خطي و عند Re>2320 يكون الجريان مضطرب و يقسم إلى ثلاث مناطق:

1- منطقة الاحتكاك الناعم عند $2320<Re<Re_1$

2- منطقة الاحتكاك المختلط عند $Re_1<Re<Re_2$

3- منطقة الاحتكاك الخشن عند $Re> Re_2$

حيث Re_1 و Re_2 قيم حرجة تحسب من العلاقات:

$$Re_1 = \frac{10}{\overline{\Delta}} \quad ; \quad Re_2 = \frac{500}{\overline{\Delta}}$$

حيث $\overline{\Delta}$ الخشونة النسبية و تحسب من العلاقة:

$$\overline{\Delta} = \frac{\Delta}{d}$$

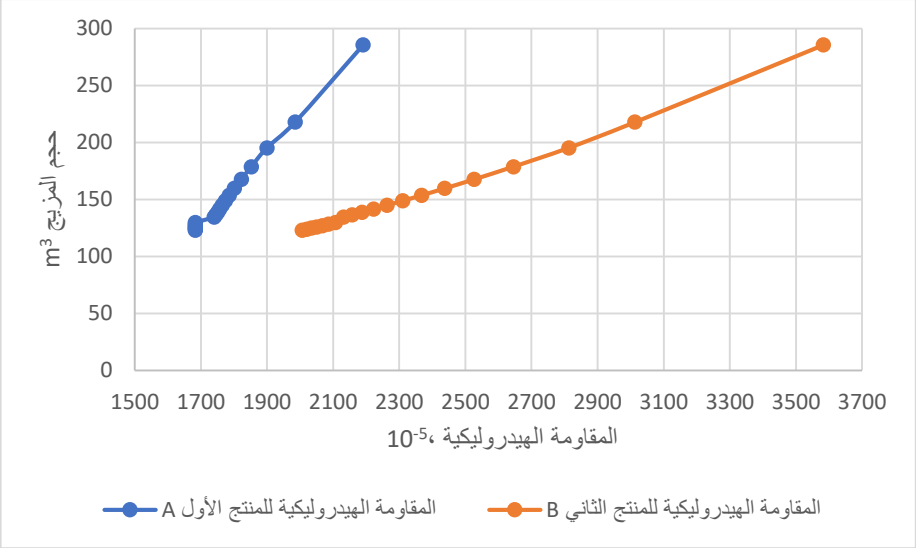
تحسب المقاومة الهيدروليكية من خلال الجدول التالي:

الجدول رقم 2

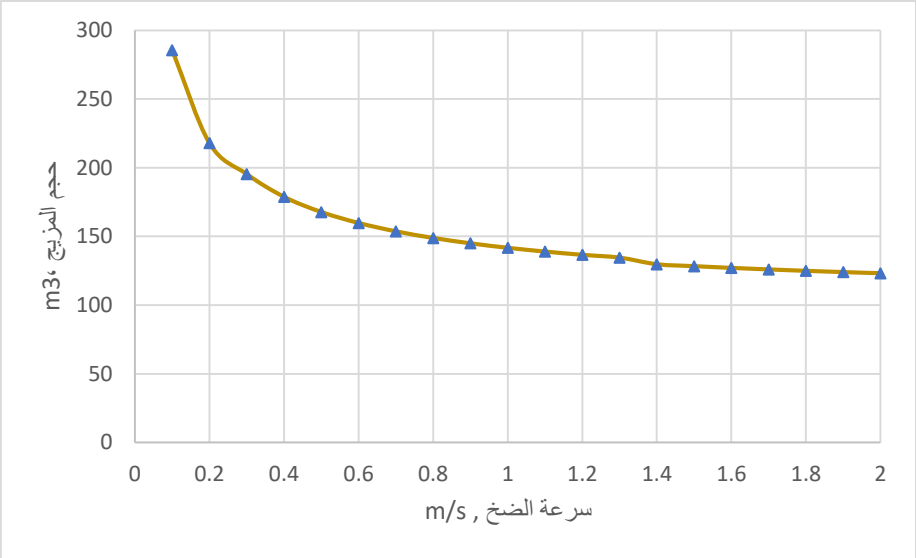
قيم المقاومة الهيدروليكية حسب نوع الجريان

نوع الجريان		λ
جريان خطي		64/Re
جريان مضطرب	منطقة الاحتكاك الناعم	$0{,}3164/Re^{0{,}25}$
	منطقة الاحتكاك المختلط	$0.11\left(\frac{68}{Re}+\overline{\Delta}\right)^{0.25}$
	منطقة الاحتكاك الخشن	$0.11(\overline{\Delta})^{0.25}$

تم رسم العلاقة بين حجم المزيج المتشكل والمقاومات الهيدروليكية للمنتجات المضخوخة على التسلسل وكذلك علاقة حجم المزيج المتشكل بسرعة الضخ كما في الأشكال رقم 6 و 7



الشكل (6): علاقة حجم المزيج المتشكل مع المقاومة الهيدروليكية للمنتجات البترولية.



الشكل (7): علاقة حجم المزيج المتشكل مع سرعة الضخ.

الاستنتاجات

تتيح نتائج الحسابات التي أُجريت على نموذج الخط الذي يتم فيه ضخ منتجين على التسلسل ذات لزوجات مختلفة الاستنتاجات التالية:

1. كلما قلت قيمة معامل المقاومة الهيدروليكية كلما قل حجم المزيج المتشكل.
2. كلما زادت سرعة الضخ كلما نقص حجم المزيج المتشكل

- معرفة توزع تراكيز المنتجات البترولية في الخليط مهم لأنه يحدد حجم الأجزاء التي يتم ضخها إلى المنتجات البترولية النقية أو إلى خزانات خاصة.

المراجع

[1] E. Liu, W. Li, H. Cai, W. Qiao, M. Azimi, Calculation method for the amount of contaminant oil during sequential transportation through product oil pipelines, Energy Exploration and Exploitation 38/4 (2020) 1014- 1033. DOI: https://doi.org/10.1177/0144598720911158

[2] A.A. Korshak, A.M. Nechval, Pipeline transport of oil, oil products and gas [textbook], Ufa, 2005.

[3] R.A. Shestakov, I.M. Vanchugov, Influence of multiproduct pipeline telescopicity design on the process of mixing during sequential pumping, Journal of King Saud University - Engineering Sciences (2022) (Available online).

[4] M.D. Seredyuk, The effect of speed change on the mixing of various liquids during their sequential pumping through a pipeline, International Scientific Journal "Internauka" 20/1(43) (2018) 87-94.

[5] N.N. Golunov, Parameters of successive pumping of oil products using small anti-turbulent additives to reduce the volume of the resulting mixture, Transport and Storage of Oil and Gas 5 (2018) 68-72.

[6] R.A. Shestakov, Research of distribution of oil flow in the pipeline with looping, Journal of Physics: Conference Series 1679 (2020) 052035. DOI: https://doi.org/10.1088/1742-6596/1679/5/052035

[7] M.D. Seredyuk, Y.V. Yakymov, V.P. Lisafin. Pipeline transport of oil and oil products [textbook], IvanoFrankivsk, 2002.

[8] A.N. Voronin, V.K. Lipsky, Regulation of the transportation of petroleum products by the method of sequential pumping by direct contacting, Bulletin of

the Polotsk State University. A Series of Construction and Applied Sciences: Pipeline Transport 8137 (2017) 137- 141.

[9] Lurie M.V.,Mastobayev B.N., Revel-Muroz P.A., Sosenko A.E. (2019) Design and operatio of oil pipelines, National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow, Russia.

[10] Lurie M.V. (2012) Mathematical modeling of pipeline transportation of oil, oil products and gas, National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow, Russia.

[11] Hassanean, M. H., et al. "Studying the rheological properties and the influence of drag reduction on a waxy crude oil in pipeline flow." Egyptian Journal of Petroleum 25.1 (2016): 39-44.

[12] Taylor G. Dispersion of soluble matter in solvent flowing slowly through a tube // Proceedings of the Royal Society A: Mathematical and Physical Sciences. 1953. Vol. 219. № 1137. P. 186–203.

[13] Shestakov, R. A., & Vanchugov, I. M. (2024). Influence of multiproduct pipeline telescopicity design on the process of mixing during sequential pumping. Journal of King Saud University-Engineering Sciences, 36(5), 359-368. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jksues.2022.05.002.

A mathematical model to calculate the volume of the mixture formed and the distribution of petroleum product concentrations when pumped in batches

Dr. En. Yasser Aaney - Ph.D. Transportation and Storage of Oil and Gas
Faculty of Petrochemical Engineering - Al-Furat University

Abstract

In order to reduce the transportation costs of petroleum products, they are pumped behind each other in batches according to the density difference in a single pipe, but the biggest issue for this type of petroleum product transportation is the formation of a mixture between the two successive products, so the mechanism of the formation of this mixture is explained, as well as clarifying and building a mathematical model that enables us to calculate the distribution of petroleum product concentrations within the mixture and reach the necessary equations to calculate the volume of the formed mixture and its relationship to the hydraulic resistance of the pumped products and the pumping speed, and finally the methods of disposal of this mixture when delivered at the end of the line are clarified.

Keywords: Petroleum product transportation, batch pumping, mixture volume, petroleum product concentrations.