

دراسة تأثير المحتويات الغازية على خاصة اللزوجة في الجريانات ثنائية الأطوار

الدكتور: عبدالله الحمد

مدرس في قسم الطاقة - كلية الهندسة الميكانيكية - جامعة حلب

المخلص

درسا في هذا البحث تأثير الإضافات الغازية بالإضافة إلى المحتويات الغازية الأصلية في الجريانات ثنائية الطور على خاصة اللزوجة في مجالات ضغوط مختلفة تؤدي إلى حالات مختلفة لتواجد الغاز مع السائل ، و تم استعراض أهم الدراسات والأبحاث حول تأثير الإضافات الغازية بالتراكيز المختلفة وفي مجالات ضغوط مختلفة على خاصة اللزوجة في الجمل ثنائية ومتعددة الأطوار والتراكيب. من أجل الاستفادة من الدراسات التجريبية والنظرية في هذا المجال، من أجل استنتاج نموذج (موديل) رياضي تحريكي يتنبأ بشكل مرض في حساب لزوجة هذه الجمل. نتيجة لمقارنة النتائج الرياضية التي حصلنا عليها باستخدام النموذج الرياضي، مع القيم التجريبية، وقد كان هذا فعال في المجالات القريبة من ضغط تشكل البادئات المكروية

دراسة تأثير المحتويات الغازية على خاصة اللزوجة في الجريانات ثنائية الأطوار

الدكتور: عبدالله الحمد

مدرس في قسم الطاقة - كلية الهندسة الميكانيكية - جامعة حلب

كما هو معلوم إلى وقتنا الحاضر لم تجرى دراسة شاملة للجمل ثنائية ومتعددة الأطوار وهذا لا يتعلق فقط بتعقيد هذا الموضوع، بل ويتعلق أيضا بعدم توفر الوسائل اللازمة لإجراء مثل هذه الدراسات. تعد اللزوجة أحد أهم خواص الأنظمة ثنائية ومتعددة الأطوار والتراكيب. وتعلق لزوجة مثل هذه الجمل وخاصة الجمل المركبة (سائل + غاز) بعوامل مختلفة مثل الضغط ودرجة الحرارة وتركيز الطور. سنحاول أن ندرس تأثير تركيز الطور المشتمل على اللزوجة ويمكن تمثيل ذلك من خلال علاقة إشتاين المعروفة:

$$\mu = \mu_0 (1 + 2.5C) \quad (1)$$

ولكن الأبحاث تشير إلى أنه لا يتم الالتزام دائما بالثابت 2.5 عند جميع التركيزات نظرا للتحديدات المفروضة على شروط تطبيق هذه المعادلة. وهكذا فإنه عند ضغوط أعلى من ضغط الإشباع للجمل (غاز + سائل) فإن لزوجة هذه الجمل لا ترتفع مع زيادة تركيز الجزيئات الغازية بل على العكس فإنها سوف تنخفض. لذلك فقد تم اقتراح صيغة لدراسة مثل هذه الجمل دون أن تأخذ التوتر السطحي بعين الاعتبار:

$$\mu = \mu_0 (1 - K) \quad (2)$$

ولكن حتى في هذه الحالة لم يتم الحصول على نتائج مرضية. أخذين بعين الاعتبار تعيين القيمة غير الثابتة للزوجة بالنسبة للجمل المركبة (غاز + سائل) بواسطة العديد من الصيغ التي اقترحها العلماء مثل الصيغة الآسية واللوغاريتمية وغيرها من القوانين التي تحدد تغير لزوجة الجمل مع تغير التركيز، ولكن هذه الصيغ لم تجد طريقها إلى التطبيق الواسع بسبب تعقيدها ويسبب عدم قدرتها على التعبير الفيزيائي الكامل عن هذه الخاصية من خلال الحدود الموجودة في معادلاتها، لذلك فإن الباحثون غالبا ما يستعملون بالصيغتين (1) و(2) أو يستخدمون أشكالها المعدلة:

$$\mu = \mu_0 (1 \pm \beta C) \quad (3)$$

الكثير من خواص الموائع تتعلق بتغيرات الكثافة، والتي بدورها تتعلق بالضغط المساند في الجمل المدروسة [3] ومع أخذ هذا بعين الاعتبار عندئذ يمكن تمثيل المعادلة (1) على الشكل التالي:

$$\mu = \mu_0 (1 + \alpha \rho)$$

حيث $\alpha = \frac{1}{500} \text{ Mpa}^{-1}$ (بالنسبة للسائل النقي)

ويمكن استخدام هذه الصيغة في دراسة الجمل المتجانسة، ولكن عند وجود جزيئات حرة من الغاز في السائل فإن تأثير الضغط على اللزوجة سوف ينحرف وينحرف كذلك تأثير المحتويات الغازية على لزوجة السائل.

وفي السنوات الأخيرة كرست العديد من النشرات العلمية لدراسة العوامل المذكورة. ومن هذه النشرات تجدر الإشارة إلى الأعمال [1,3,4].

وسيم إنعارة اهتمام خاص للمجالات المجاورة لضغوط الإشباع، حيث قيمة اللزوجة للجمل (السائلة - الغازية) تتغير بشكل كبير بالنسبة لقيم صغيرة من المؤثرات الخارجية كالضغط ودرجة الحرارة (وتفسر هذه الظواهر المعقدة نتيجة لتأثير البادئات المكروية للفقاغات الغازية). وقد أشار ي.ي. فرانكل في حينه إلى وجود بادئات مكروية في الجمل (الغازية-السائلة)، حتى مع ضغوط أعلى بكثير من ضغط الإشباع [2]، وبأخذ هذا بعين الاعتبار، فإنه من الطبيعي الافتراض أنه مع الاقتراب من مجال ضغط الإشباع، فإن مقدار وسرعة تشكل البادئات الغازية المكروية يجب أن ترتفع بشكل كبير وتقترب من القيمة العظمى الممكنة. ويمكن أن يكون هذا هو السبب في تعقيد علاقة لزوجة السائل بالضغط وبالمحتوى الغازي في مجال الحالات الانتقالية. ولنقوم الآن بمعاينة هذه العلاقات على ضوء نتائج الأبحاث التي أجريت حسب [3] والواردة في الجدول I .

واستخدام البيانات التي حصلنا عليها، وباستخدام قيمة اللزوجة للمزيج الغازي النفطية، والمكون من غاز ثاني أكسيد الكربون، ومن النفط تم تحديد القيمة μ في العلاقة (3). وقد تم تدوين النتائج في الجدول I . وكما هو واضح من معطيات هذا الجدول فإن قيم المعاملات عند التراكيز المختلفة في العلاقة (3) غير ثابتة وتتراوح بين $(0.1 + 0.7)$ ، وهذا لا يرتبط فقط بمحدودية شروط تطبيق هذه المعادلة وإنما أيضا بوجود فقاغات البادئات الغازية في هذه الجمل. إن تأثير بادئات الغاز هذه على لزوجة السائل أكثر أهمية من تأثير الغاز المنحل والبادئات الأكثر صغرا والحاوية على عدة عشرات من الجزيئات، وخاصة بالقرب من مجالات ضغط الإشباع (الجدول I) .

ومن الممكن الإشارة إلى أنه بزيادة التركيز الكلي للغاز في النفط، فإن المعامل μ في الصيغة (3) يكبر كلما زاد تركيز البادئات حتى في المجال الأعلى من مجال ضغط الإشباع بكثير.

من العوامل الثلاثة المؤثرة على لزوجة الجمل (السائلة - الغازية)، يعد تأثير تركيز الطور المبعثر هو العامل الأهم وخاصة عند دراسة قضايا النقل باستخدام خطوط الأنابيب. وبأخذ ما تم عرضه بعين الاعتبار فإنه يمكن تمثيل لزوجة المزيج حسب الشكل:

$$\mu = \mu_0 (1 + \rho_1 C_1 - \rho_2 C_2 - \rho_3 C_3) \quad (5)$$

حيث: ρ_1, ρ_2, ρ_3 : معاملات موجودة عند تراكيز الفقاغات الغازية الطليقة C_1 ، وعند تراكيز البادئات C_2 ، و عند تراكيز الجزيئات الغازية المنحلة C_3 .

وكما هو واضح من الصيغة المقدمة لتحديد لزوجة المزيج النفطية-الغازية في مجالات وجودها تحت مستويات ضغوط مختلفة (أعلى أو أدنى من ضغط الإشباع) فإنه من الضروري حل السؤال المتعلق بالمحتوى الكمي من أشكال الجزيئات الغازية المشار إليها في السائل، وأيضا تحديد القيم

عند تلك الأشكال الجزئية. لكن لا يوجد في الوقت الحاضر تصور دقيق عن التوزيع الكمي-الكيفي لجزيئات الغاز في المسائل وذلك في مجالات الضغوط المختلفة ويجب أن نشير أنه يوجد أصال حاولت معالجة بعض الأسئلة المنوه عنها عن طريق تقسيم تراكيز الجزيئات الغازية إلى مجموعات مستقلة (منفردة) حسب أبعادها [5] . إلا أن هذا التقسيم مرفق بشروط كثيرة جدا وهو لا يعكس التوزيع الفعلي للجزيئات الغازية في المسائل.

جدول 1: علاقة قيم المعاملات الثلاثة وزوجة المزيج ناط + غاز بتوزيع الطور المعبر والضغوط p عند درجة حرارة $T = 298K$.

المعاملات (C)	P MPa	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MPa s	P=0													
MPa s	3.21		3.21			C=0.0		3.22			3.23			3.24
MPa s						C=0.08								
MPa s		3.23	3.18	3.14	3.08	3.05	3.03	2.99	2.99	3.02	3.05	3.06	3.06	3.06
MPa s						C=0.1								
MPa s			3.16	3.12	3.05	3.0	2.96	3.0	3.01	3.03	3.03	3.04	3.05	3.05
MPa s						C=0.16								
MPa s				3.06	3.0	2.80	2.89	2.98	2.99	3.0	3.01	3.02		

وفي غضون ذلك توجد حالات محددة تماما لوجود جمل (سائلة - غازية)، دراستها يمكن أن تساعد على حل بعض جوانب المسألة المطروحة .

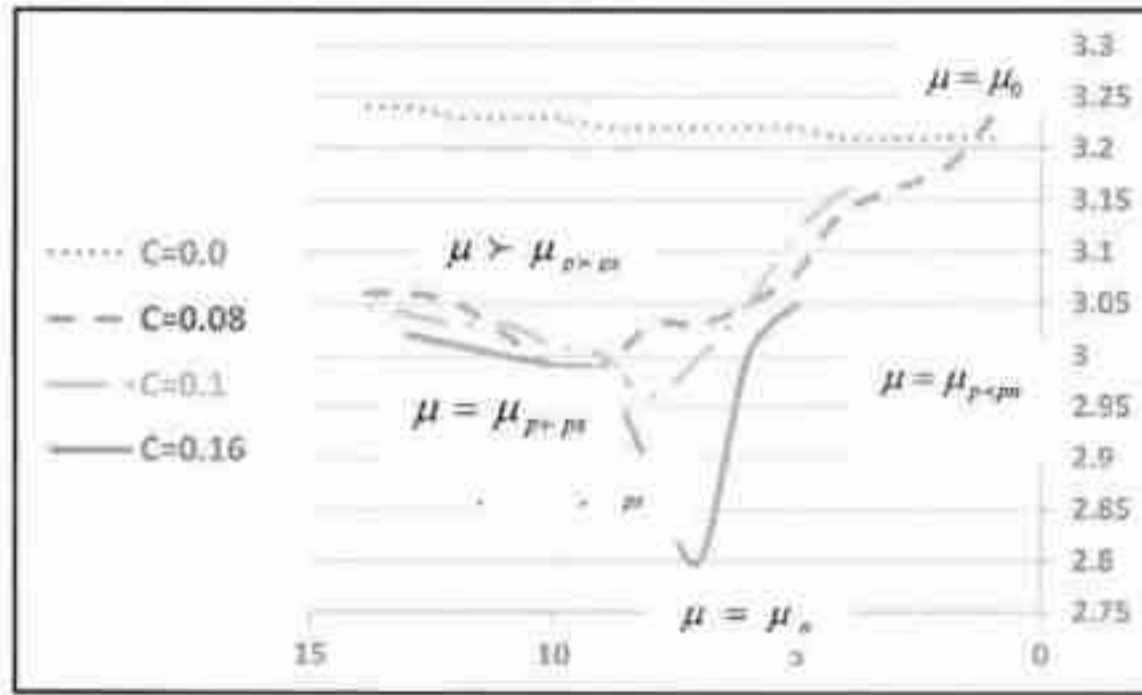
ومن بين هذه الحالات يمكن على وجه الخصوص اختيار المجالات التالية :

مجالان اثنان في الحالات الانتقالية أي عند ضغط الإنباع p_0 وعند ضغط بدء التشكل الجماعي للبادئات p_1 (الرسم البياني 1)، وأيضا مجالان اثنان أدنى من ضغط الإنباع p_0 عندما $\mu = \mu_{p_0}$ وأيضا عندما $\mu = \mu_0$ (الرسم البياني 1).

لندرس أولا مجال الحالات الانتقالية وكما هو واضح من الجدول I والرسم البياني I، تصل لزوجة المزيج النقطي الغازي في المجال p_0 إلى قيمتها الصغرى. وإذا تم افتراض وجود البادئات في مجالات أعلى من ضغط الإنباع p_0 [5] (وهذا واضح من تغيرات المعامل μ من الجدول I)، وينفس الطريقة يمكن أيضا القول بوجود فقاعات الغاز الحر في المجال الواقع بين $p_0 \neq p_1$. تعد عمليات الطلاق وتحرر الغاز من المسائل عمليات متتالية أي أنها تجري وفق الشكل (غاز منحل - غاز بادئات - غاز حر على شكل فقاعات).

ومن هنا يمكن استنتاج أن تركز البادئات في مجال الضغط p_1 (الذي هو ضغط بداية التشكل الجماعي للبادئات) يجب أن يكون مساويا لتركز الغاز الحر الفقاعي في مجال ضغط الإنباع، أي أن $C_1 \approx C_2$ ، وعلى افتراض أن p_0 و p_1 هما على الترتيب مجالا التشكل الجماعي للبادئات والفقاعات، فإن تركيزهما في هذه المجالات يجب أن يكون ضئيلا. ومن جهة أخرى، إذا فرضنا أن

تركيز فقاعات الغاز الحر في مجال الضغط p_0 منخفض (ضئيل) أيضا، فيبقى أن نفترض أن جزء كبيرا من الغاز في مجال ضغط الإنباع موجود في حالة بادئات.



الشكل 1: علاقة الزوجة في الجملة (السائلة- الغازية) بالنسبة للضغط

فإنه يمكن إهمال الحد الثاني والحد الرابع في العلاقة (5). وعندها يمكن كتابة العلاقة (5) بالنسبة للمجال p_0 على الشكل :

$$\mu = \mu_0 (1 - \rho_2 C_2) \quad (6)$$

و باعتبار أن $C_2 \approx C$ نحصل على:

$$\mu = \mu_0 (1 - \rho_2 C) \quad (7)$$

أي يمكن اعتبار قيمة المعامل ρ_2 مساوية للقيمة المعطاة في الجدول 1 .

لكن مع زيادة التركيز الكلي للطور الغازي فإن قيمة المعامل ρ_2 تنخفض، وهذا مرتبط بزيادة تركيز الغاز الفقاعي في المجال p_0 و p_0 .

لندرس الآن المجالات الواقعة أعلى أو أدنى من ضغط الإنباع، حيث تكون فيها قيم لزوجة المحاليل النفطية-الغازية واحدة الشكل (1) :

$$\mu_{p > p_0} = \mu_{p < p_0} \quad (8)$$

تحتوي الجملة في المجال الأعلى بكثير من ضغط الإنباع على جزئيات الغاز المنحلة بشكل رئيسي، ولهذا السبب تسلك الجملة سلوكا مشابها للسائل المتجانس. وعندها ذلك تحتوي الجملة على بعض البادئات التي يمكن إهمال تأثيرها بسبب قلة عددها. وعندئذ العلاقة (5) يمكن تبسيطها لتصبح كما يلي :

$$\mu = \mu_0 (1 - \rho_2 C_2) \quad (9)$$

وباعتبار $C_2 \approx C$ و $\rho_2 = \rho$ حسب [2, 5, 6] فنحصل :

$$\mu = \mu_s (1 - \phi C) \quad (10)$$

بالنسبة للجملة (السائلة - الغازية) الموجودة في مجال ضغط أدنى من ضغط الإنباع والتي تكون قيمة لزوجتها مساوية للزوجة جملة مجال ضغطها أعلى من ضغط الإنباع بكثير، الشكل (1). يمكن لهذه الجملة أن تحتوي بالإضافة للغاز الحر على كمية معينة من بادئات الفقاعات الغازية. أما فيما يتعلق بالغاز المنحل، فإن وجوده في مجال الجملة المذكورة ضعيف الاحتصال مثله مثل وجود فقاعات الغاز الحر في المحلول عند ضغوط أعلى من ضغط الإنباع.

لنتحقق من هذه الحالة يجب أن نعلم النظر في الخواص التحريكية لعملية انحلال الغاز في السائل. وكما سلف ذكره فإن عملية انحلال الغاز في السائل تتلخص في التجزئة المتدرجة المتناسبة مع ازدياد ضغط فقاعات الغاز حتى الوصول إلى الجزء الذي أبعاده تقارن بأبعاد جسم مكون من عدة عشرات من الجزيئات.

في الحالة العامة فإنه يمكن تمثيل هذه العملية كمتحول متتالي للغاز إلى غاز منحل عبر حالة البادئات والتي هي حالة انتقالية بين الحالتين السابقتين. تختلف نوعياً كل من الحالات الغازية الثلاث من ناحية تأثيرها على لزوجة الجملة (الغازية - السائلة).

المعروف أن وجود الغاز الحر في السائل يؤدي إلى زيادة لزوجة المزيج، وعلى العكس يؤدي انحلال الغاز في السائل ووجود الغاز على شكل بادئات في السائل يؤدي إلى تخفيض لزوجة الجملة.

تشير الدراسات [1,4]، أن جزيئات البادئات تختلف عن جزيئات الغاز المنحلة في أنها الأكثر تأثيراً على لزوجة السائل بالمقارنة مع جزيئات الغاز المنحلة.

إذا رمزنا لكل من حالات الغاز بالأحرف التالية، فإنه يمكن تمثيل عملية انحلال الغاز في السائل على النحو التالي :



أي بمعنى أن عملية انحلال الغاز في السائل يمكن تمثيلها اصطلاحاً على شكل عملية متعاقبة وغير عكوسة لتحويل إحدى حالات الغاز في السائل إلى حالة أخرى، أي تمثيلها على شكل معادلات تحريكية من الدرجة الأولى وفقاً لكل حالة من حالات الغاز في السائل.

يتم استنتاج المعادلات التحريكية من الدرجة الأولى للمتحول المذكور على الشكل:

نفترض أنه عند وجود ضغط ابتدائي $p = 0$ يوجد (a) مول من الغاز الحر A . عند ضغط p جرى تحول x مول من الغاز الحر، عندها يبقى في المزيج كمية (a-x) من الغاز الحر. وبأخذ هذا الحالة بعين الاعتبار، فإنه يمكن تمثيل المعادلة التفاضلية لعملية انحلال الغاز في السائل كعملية من الدرجة الأولى وغير عكوسة على الشكل :

$$\frac{dx}{dt} = k(a - x) \quad (12)$$

حيث k: ثابت انحلال.

وبعد تقسيم المتغيرات، ومن ثم تكاملتها سنحصل على:

$$-\ln(a-x) = kp + c \quad (13)$$

في الشروط الابتدائية يكون $p_0 = 0$ و $x = 0$ عندها :

$$c = -\ln a \quad (14)$$

وبتعويض هذه العلاقة في (13) نحصل على:

$$(15)$$

$$k = \frac{1}{p} \ln \frac{a}{a-x}$$

و

$$k = p^{-1} \quad (16)$$

وفي شروط ثبات الحجم يمكن تمثيل العلاقة (15) على الشكل التالي:

$$k = \frac{1}{p} \ln \frac{C_0}{C} \quad (17)$$

حيث: C_0 هي تركيز الغاز الابتدائي.

C هي تركيز الغاز في الحالة التي يكون فيها الضغط مساوياً إلى p .

وكذلك يمكن تمثيل الصيغة (15) على الشكل :

$$a - x = ae^{-kp} \quad (18)$$

و :

$$x = a(1 - e^{-kp}) \quad (19)$$

وبما انه تعتبر الحالة الابتدائية للغاز في المسائل حالة انتقالية في عملية التغير التدريجي للجزيئات

الغازية، لذلك يمكن إعادة الصيغة (11) على الشكل التالي :



ولهذا يجب الأخذ بعين الاعتبار أنه نتيجة التحولات التالية "a" ظهرت (x-y) مول من جزيئات

الغاز التي قد انحلت "C". عندئذ يمكن تمثيل المعادلة (12) على الشكل التالي:

$$\frac{dx}{dp} = k_1(a-x) \quad (21)$$

وبعد مكاملة هذه الصيغة الأخيرة نحصل على:

$$(a-x) = ae^{-k_1 p} \quad (22)$$

يمكن التعبير عن تحول جزيئات الغاز البدئية "B" على الشكل التالي:

$$\frac{d(x-y)}{dp} = k_1(a-x) - k_2(x-y) \quad (23)$$

بتعويض العلاقة (22) في (23) نحصل على:

$$\frac{d(x-y)}{dp} = k_1 a e^{-k_1 p} - k_2(x-y) \quad (24)$$

أو :

$$\frac{d(x-y)}{dp} + k_2(x-y) = k_1 a e^{-k_1 p} \quad (25)$$

لنرمز ل (x-y) ب z ، فتصبح المعادلة (25) على الشكل التالي :

$$\frac{dz}{dp} + k_2 z = k_1 a e^{-k_1 p} \quad (26)$$

بمساواة الطرف الأيمن من هذه المعادلة بالصفر نحصل على ما يلي:

$$\frac{dz}{dp} + k_2 z = 0 \quad (27)$$

بتقسيم المتغيرات والمكاملة تأخذ هذه المعادلة الشكل التالي:

$$\ln z = -k_2 p + \ln E \quad (28)$$

أو:

$$z = E e^{-k_2 p} \quad (29)$$

حيث E ثابت التكامل للعلاقة (27). بما أنه في الطرف الأيمن من المعادلة (26) يوجد f(p) وليس الصفر، فإن القيمة E في المعادلة (39) سينظر إليها كتابع للضغط. وبمفاضلة المعادلة (29) بالنسبة لـ p نحصل على:

$$\frac{dz}{dp} = -k_2 E e^{-k_2 p} + e^{-k_2 p} \frac{dE}{dp} \quad (30)$$

بتعويض المعادلات (29) و (30) في المعادلة (26) نحصل على:

$$-k_2 E e^{-k_2 p} \frac{dE}{dp} + k_2 E e^{-k_2 p} = k_1 a e^{-k_1 p} \quad (31)$$

أو:

$$\frac{dE}{dP} = \frac{k_1 a e^{-k_1 p}}{e^{-k_2 p}} \quad (32)$$

أو بعبارة أخرى:

$$dE = k_1 a e^{(k_2 - k_1)p} dp \quad (33)$$

وبعد مكاملة هذه المعادلة نحصل على:

$$E = \frac{k_1}{k_2 - k_1} a e^{(k_2 - k_1)p} + c \quad (34)$$

بتعويض المعادلة (34) في المعادلة (29) نحصل على:

$$z = \frac{k_1}{k_2 - k_1} a e^{(k_2 - k_1)p} e^{-k_2 p} + c e^{-k_2 p} \quad (35)$$

أو:

$$z = \frac{k_1}{k_2 - k_1} a e^{-k_1 p} + c e^{-k_2 p} \quad (36)$$

لكن عندما $p > 0$ فإن القيمة $z = 0$ ومنه:

$$c = \frac{k_1}{k_2 - k_1} a \quad (37)$$

بتعويض المعادلة (37) في المعادلة (36) وبالعودة إلى الترميز السابق (x-y) نجد:

$$x - y = a \left(\frac{k_1}{k_2 - k_1} e^{-k_1 p} - \frac{k_1}{k_2 - k_1} e^{-k_2 p} \right) \quad (38)$$

أو:

$$x - y = a \frac{k_1}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 p} - e^{-k_2 p}) \quad (39)$$

لنعوض الآن في المعادلة (39) قيمة x التي نحصل عليها من المعادلة (22) فنجد:

$$y = a(1 - e^{-k_1 p}) - a \frac{k_1}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 p} - e^{-k_2 p}) \quad (40)$$

أو:

$$y = a \left(1 - \frac{k_1}{k_2 - k_1} e^{-k_1 p} + \frac{k_1}{k_2 - k_1} e^{-k_2 p} \right) \quad (41)$$

إن طبيعة التغير في المنحنيات البيانية المعثلة للمعادلات (22) و (39) و (41) مبينة في الشكل 2، حسب [6] وكما هو مبين في الشكل 2، فإن المنحني (x-y) الذي يمثل تغير عدد جزيئات الغاز البدئية في السائل مع زيادة الضغط ويكون أعظيما عند p_{max} حيث، تكون عند كمية جزيئات الغاز البدئية "B" بعددها الأعظمي. ومن الواضح أنه في هذا الحال ينبغي توقع الانخفاض الأقصى للزوجية الجمل السائلة-الغازية. إن قيمة p_{max} يتم إيجادها من الشروط الحدية:

$$\frac{d(x-y)}{dp} = 0 \quad (42)$$

بمفاضلة المعادلة (39) نحصل على:

$$\frac{d(x-y)}{dp} = a \frac{k_1}{k_2 - k_1} (k_1 e^{-k_1 p} + k_2 e^{-k_2 p}) \quad (43)$$

بمساواة العلاقة المشتقة بالصفر نحصل على:

$$k_1 e^{-k_1 p_{max}} = k_2 e^{-k_2 p_{max}} \quad (44)$$

بعد أخذ لوغاريتم الطرفين نحصل على:

$$p_{max} = \frac{\ln k_1 - \ln k_2}{k_1 - k_2} \quad (45)$$

لنرمز ب: $r = \frac{k_2}{k_1}$ ، فنحصل على:

$$(46) \quad k_2 = k_1 r$$

بتعويض العلاقة (46) في (45) فنجد:

$$p_{max} = \frac{\ln r}{(r-1)k_1} \quad (47)$$

بتعويض قيمة p_{max} التي في المعادلة (45) نجد :

$$(x - y)_{max} = \frac{a}{1-r} \left(e^{\frac{-rhr}{r-1}} - e^{\frac{hr}{r-1}} \right) \quad (48)$$

إذا قمنا بمقارنة النتائج، التي حصلنا عليها مع معطيات العمل [6] ، وبشكل خاص مع المعادلة (25) والنتائج على الشكل 2 الذي يبين أيضاً وجود نهاية قصوى لمنحني تغير سرعة تركيز البادئات مع الضغط، فإن المعادلات التحريكية التي حصلنا عليه لشرح عمليات انحلال الغازات في السوائل يمكن اعتبارها أيضاً قابلة للتطبيق .

يبين على الشكل 2 أن المنحني $y = f(p)$ الذي يصف تراكم الغاز المنحل مع زيادة الضغط، يملك نقطة انعطاف. تتطبق نقطة الانعطاف في هذا المنحني على نقطة النهاية العظمى للمنحني $x - y = f(p)$. تدل نقطة الانعطاف في المنحني $y = f(p)$ على أن زيادة المادة "C" (جزيئات الغاز المنحلة) في الفترة الابتدائية، التي تتعلق بمعدل تغير الضغط .

إن المنحني $a - x = f(p)$ الذي يصف تغيرات تركيز الغاز الحر يملك أيضاً نقطة انعطاف تقع بالقرب من نقطة النهاية العظمى على المنحني $x - y = f(p)$ ، أي أنه في هذه الحالة أيضاً يحدث انخفاض تركيز الغاز في المرحلة الابتدائية بشكل مرتبط بمعدل تغير الضغط .

تترافق حياة المرحلة الابتدائية لتغير تركيز الغاز الحر مع مرحلة تحريضية، وذلك لأن هذا مرتبط باستمرارية بقاء طاقة تحفيز وتنشيط معينة. يحدث نفس الشيء عند تشكل البادئات وجزيئات الغاز المنحلة .

لندرس معادلة الحد الأعظمي لتشكل البادئات (48) .

كما أشرنا فيما سبق، في هذه الشروط $a = x - y$ ، عندئذ من المعادلة (58) نحصل على :

$$1 - r = e^{\frac{rhr}{r-1}} - e^{\frac{hr}{r-1}} \quad (49)$$

ومنه عندما $r=1$ أي أن :

$k_1 = k_2$ هذا يعني أنه عند ضغط أقل من ضغط الإشباع، يكون وجود جزيئات الغاز المنحلة في السائل قليلاً للغاية وذلك لأن المعادلة (31) عندما $k_1 = k_2$ تكون مساوية للصفر . عندئذ بالنسبة للمجال الأدنى من ضغط الإشباع يمكن تمثيل العلاقة (5) على الشكل التالي :

$$\mu = \mu_0 (1 + \rho_1 c_1 + \rho_2 c_2) \quad (51)$$

بما أن $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ وعلى اعتبار أن $c_1 + c_2 = c$ ، عندئذ يمكن تمثيل العلاقة (15) على الشكل التالي :

$$\mu = \mu_0 (1 + \rho c - \rho c_2 - \rho_2 c_2) \quad (52)$$

من الشرط (18) نحصل على :

$$\mu_0 (1 + \rho c - \rho c_2 - \rho_2 c_2) = \mu_0 (1 - \rho c) \quad (53)$$

بالإصلاح نجد :

$$c_2 (\rho + \rho_2) = 2c\rho \quad (54)$$

ومن هنا نجد أن تركيز البادئات في المجال الأدنى من ضغط الإشباع وبشروط

$$\mu_{p_1 < p_2} = \mu_{p_1 > p_2}$$

$$c_2 = \frac{2p_1 c}{p_1 + p_2} \quad (55)$$

إن صحة هذه العلاقة تكون أكبر كلما أبتعد المجال المدروس (أعلى أو أخفض) من ضغط الإشباع. وفي هذه الصيغة نأخذ قيم γ حسب معطيات p_2 الواردة في الجدول (I) والخاصة كما ذكر سابقا لمجالات الضغط الأكثر ارتفاعا ولكن يجب التنويه، أن الزيادات الفاتحة في الضغط أيضا تشوه قيمة هذا المعامل وفقا للعلاقة (14). يمكن مساواة قيمة γ بالقيمة p_2 نظريا فقط وذلك لأن قيمة p_2 تشوه بشدة في المعطيات التجريبية تحت تأثير البادئات، والتي يفسر وجودها في مجالات أدنى بكثير من ضغط الإشباع بالخواص الامتصاصية للسائل. الانطلاق التام للغاز من المعطول يتطلب انقضاء فترة معينة من الزمن والتي تكون أكبر كلما ارتفعت الخواص الامتصاصية للسائل. كمثال لنحسب قيم تراكيز البادئات عند ضغط $p=4\text{Mpa}$ وقيمة لزوجة 3.06 mPa.s التركيز الكلي للغاز 0.06 (الجدول I). قيمة p_2 عند لزوجة مماثلة ولكن مع ضغط عالي تساوي 0.726 (الجدول I) قيمة p_2 تساوي 1.29 حسب (الجدول I).

بتعويض هذه القيم في المعادلة (55) نقوم بتحديد تراكيز البادئات في المجال المعين للضغط :

$$c_2 = 2 * 0.762 * 0.06 \frac{1}{0.762 + 1.29} = 0.044$$

كما يظهر من النتيجة التي حصلنا عليها، فإن تركيز البادئات مع ضغوط أدنى من ضغط الإشباع، وعندها يكون:

$$\mu_{p < p_2} = \mu_{p > p_2} \quad (56)$$

بشكل تقريبا نصف التركيز الكلي للغاز في السائل.

لنبحث أخيرا في مجال الضغوط الأدنى بشكل كبير من ضغط الإشباع، عندما:

$$\mu = \mu_0 \quad (56)$$

بأخذ (52) بعين الاعتبار نحصل على :

$$\mu_0 (1 + p_1 c - p_1 c_2 - p_2 c_2) = \mu_0 \quad (57)$$

بالإصلاح نحصل على :

$$p_1 c = (p_1 + p_2) c_2$$

(58) من هنا نجد أن تركيز البادئات في المجال الأدنى من ضغط الإشباع، عندما $\mu = \mu_0$

يتحدد بالصيغة التالية :

$$c_2 = \frac{p_1 c}{p_2 + p_1} \quad (59)$$

كما هو واضح من الصيغة (59) التي حصلنا عليها، فإن تركيز البادئات في مجال الضغط الأدنى من ضغط الإشباع، يكون أصغر بمرتين من تركيز البادئات في الشروط التي يكون فيها

أي أنه يمكن أن يتشكل 30% تقريبا من الطور الغازي. إلا أن استخدام الصيغ التي حصلنا عليها من أجل تحديد تركيز جزيئات الغاز البدئية يقتصر على الشروط المنوه عنها سابقا. لكن فيما تقدم تبين أن هذه الشروط كافية تماما لتحديد ثوابت انحلال الغاز في السائل، ووفق هذه الثوابت وباستخدام المعادلات التحريكية يمكن تحديد تركيز البادئات عند مختلف قيم الضغوط. وكما أثير سابقا فإنه عند ضغوط أدنى من ضغط الإشباع، وجود جزيئات الغاز الحرة وجزيئات الغاز البدئية يسمح فقط باستخدام ثابت واحد للانحلال، ونتيجة لذلك تصبح صيغة تراكيز جزيئات الغاز الحرة والبدئية أكثر بساطة، أي أن الصيغة (39) أصبحت أكثر بساطة وتنتهي للمعادلتين (20) و (29) أخذين بعين الاعتبار ما تم عرضه، ولنقم بتحديد ثابت انحلال الغاز في

$$\mu_{p < p_s} = \mu_{p > p_s} \text{ عندما:}$$

كما بينا سابقا فإنه في هذه الشروط يشكل تركيز البادئات 0.044 وذلك عند كمية الغاز الكلية بالمول 0.06 وعند ضغط مساو ل 4 MPa ولزوجة مساوية (3.06 MPa. s). عندئذ حسب الصيغة (19) نجد:

$$k = 0.336 \text{ ومنه نجد أن } 0.044 = 0.06(1 - e^{-k})$$

لنتأكد من إمكانية استخدام قيمة ثابت الانحلال التي حصلنا عليها في المعادلة (51):

$$\mu = \mu_0(1 + p_1c_1 - p_2c_2) = 3.2[1 + p_1(a - x) - p_2x] = 3.2[1 + p_1ae^{-k} - p_2a(1 - e^{-k})] = 3.04 \text{ MPa.s}$$

يتضح أيضا من النتيجة التي حصلنا عليها أن قيمة

اللزوجة تعادل بشكل مرض القيم التجريبية.

ЛИТЕРАТУРА

1. П.Я., 1987-Исследование движения газожидкостных систем с учётом образования микрородышей *ИФЖ*, Т52, No5, с 756 –771.
2. Франкель Я.И., 1975 – Кинетическая теория жидкости. *Ленинград А. Наука.* с.457.
3. Нематуллаев У. , Белинский Б.А., 1966– Установка для одновременного акустических параметров и сдвиговой вязкости в широком измерения интервале температур и давлений Удмуртский университет. *Наук.техн. Реф.сб* В5 с.8-12
4. Болотов А. Мирзаджанзаде А. Х. Нестеров И.И., 1988– Реологические свойства газов в жидкости в области давления насыщения *Изв-во АН СССР МЖТ* No1, с. 172-175
- 5.Хасанов М.М. Майский Р.А., 1989 – Стохастические колебания при течении газожидкостных систем . *Физко-Химическая гидродинамика Межвузовский сборник-Уфа-Баку* . с. 40-47 .
- 5.Мехтиева Д.Ш., 1995–Исследование особенностей движения газожидкостных потоков с учётом фазовых превращений в трубопроводных системах. *Кандидатская дисс.Баку.*с.145.

STUDY THE EFFECT OF GASEOUS ADDITIONS ON THE VISCOSITY IN TWO- PHASE FLOW

Abstract

In this research ,We Studied the effect of gaseous additions in addition to the original gaseous contents in the two phase flows on the viscosity property in different ranges of pressures which lead to different cases of the presence of gas with liquid , The most important studied and researches were presented about the effect of gaseous additions of different condensation and pressures on the viscosity property of tow and multi phases compounds

To make use of experimental and theoretical studies in this field , to conclude mathematical and dynamic model to diagnose in a satisfied form to calculate viscosity in this system. According to the comparison of mathematical values, which we had by mathematical model with experimental values, and this can be effective in the close ranges to pressure to form micro prefixes.