3-7 حسابات مؤشرات أو معاملات الرفع الغازي الدوري أو المتقطع :

(Intermittent gas-lift)

يمثل الشكل (أ- ب- ج- 7-1) مخططاً لنظام الرفع الغازي الدوري أو المتقطع المجهز بحجرة الإزاحة المتتالية أو خزان تجميع، يسمى هذا النظام أيضاً بمضخة الإزاحة المتكررة حيث تنزل في البئر مجموعتان من مواسير الإنتاج، الجزء السفلي للمجموعة المحيطية (الخارجية) مجهز بحجرة خاصة مزودة بصمام عدم الرجوع (صمام عكسي)، عندما ينضغط السائل ضمن هذه الحجرة فان الصمام العكسي ينغلق ولا ينتقل الضغط إلى قاع البئر. يركب على فوهة البئر ما يسمى بالصمام ثلاثي الوضعيات من أجل التحكم بتدفق الوسيط العامل (الغاز المحقون). حجم الغاز المستهلك خلال الدورة الواحدة والضروري لإزاحة ورفع السائل من حجرة الإزاحة (خزان التجميع) ومن مواسير الإنتاج ومن الفراغ الحلقي (انظر الشكل(أ- 7-1)) سيكون معطى بالعلاقة :

$$V_{g.c} = (V_{an} + V_r + V_{tub}).P \qquad (7\text{-}1)$$

حيث :

$V_{g.c}$: حجم الغاز المستهلك خلال الدورة الواحدة محول أو منسوب إلى الضغط الجوي مقدراً بـ M^3.

V_r: حجم حجرة الإزاحة مقدراً بـ M^3.

V_{an} : حجم الفراغ الحلقي بين مجوعتي المواسير مقدراً بـ M^3.

V_{tup} : حجم مواسير الإنتاج مقدراً بـ M^3.

أ – الضغط في البئر واللازم أو المستهلك لرفع عمود السائل إلى السطح.

يمكن تحديد الحجوم الموجودة في الطرف الأيمن للعلاقة (7-1) من العلاقات التالية:

$$V_{an} = L_1(F_E - F_i) \qquad (7\text{-}2)$$

$$V_r = L_2(F_r - F_i) \qquad (7\text{-}3)$$

$$V_{tub} = L.F \qquad (7\text{-}4)$$

حيث :

L_1 : طول المجموعة المحيطية لمواسير الإنتاج مقدراً بـ M .

L_2 : طول المجموعة المركزية لمواسير الإنتاج مقدراً بـ M .

L : طول مواسير الإنتاج مقدراً بـــ M .

حيث : $L=L_1+L_2$

F_E : مساحة المقطع العرضي للمجموعة المحيطية لمواسير الإنتاج والمحسوب استناداً إلى القطر الداخلي لهذه المجموعة مقدراً بـــ M^2 .

F_i : مساحة المقطع العرضي للمجموعة المركزية لمواسير الإنتاج المحسوب اعتماداً على القطر الخارجي لهذه المجموعة مقدراً بـــ M^2 .

F_r : مساحة المقطع العرضي لحجرة الإزاحة والمحسوب وفقاً للقطر الداخلي لها مقدراً بـــ M^2 .

F : مساحة المقطع العرضي لمواسير الإنتاج والمحسوب وفقاً للقطر الداخلي مقدراً بـــ M^2 .

يحدد الضغط P الضروري لرفع السائل إلى السطح استناداً إلى الفرضية التالية التي تفترض أن كل السائل الموجود في الفراغ الحلقي والسائل الموجود في الفراغ الواقع بين حجرة الإزاحة ومواسير الإنتاج سوف يرتفع أو يزاح ضمن مواسير الإنتاج حتى يصل إلى السطح لذا فإن :

$$P = h.\rho.g + P_{fr} \qquad (7\text{-}5)$$

حيث :

h : ارتفاع عمود السائل المزاح ضمن مواسير الإنتاج مقدراً بـــ M .

P_{Fr} : ضياع الضغط بالاحتكاك في أثناء حركة السائل ذي الارتفاع h ضمن مواسير الإنتاج انظر الشكل (ب- 1-7)

لتحديد قيمة h نفترض أنه حتى لحظة حقن الغاز في الفراغ الحلقي كان مستوى السائل في البئر واقعاً على مسافة قدرها h_o اعتباراً من أسفل حجرة الإزاحة انظر الشكل

(أ- 1-7) عندئذ:

$$(h_o - L_2)(F_E - F_i) + L_2(F_r - F_i) = (h - h_o).F \qquad (7\text{-}6)$$

من هذه العلاقة نجد أن :

$$h = h_o\left(1 + \frac{(F_E - F_i)}{F} + L_2\left(\frac{F_r - F_i}{F}\right)\right) \qquad (7\text{-}7)$$

واضح من العلاقة (7-7) أنه من أجل الحصول على الإزاحة الكبيرة للسائل المتجمع في البئر من الضروري أن يكون حجم حجرة الإزاحة كبيراً أي أنه يجب أن يكون قطرها كبيراً وطولها أيضاً يجب أن يكون أعظمياً، لكن من الواضح أن طولها يجب ألا يزيد عن قيمة (h_o) وقطرها طبعاً يجب أن يكون أصغر من القطر الداخلي لمواسير التغليف.

لتحديد قيمة الضغط الضائع بالاحتكاك P_{Fr} وبشكل تقريبي يمكن استخدام العلاقة:

$$P_{Fr} = \lambda . \frac{h.c^2}{2.d} . \rho \qquad (7\text{-}8)$$

حيث c– السرعة الخطية لحركة عمود السائل ذي الارتفاع (h) .

خلال صعود عمود السائل ذي الارتفاع (h) ضمن المواسير، فإن الجزء الملامس لجدران المواسير من السائل سوف يسقط إلى الأسفل، لهذا سوف لن يصل إلى السطح كامل حجم السائل، وإنما سوف يسقط جزء منه إلى الأسفل وبالتالي فإن ارتفاع عمود السائل الذي سيصل إلى السطح سيكون مساوياً: ($h-h_F$) انظر الشكل (ج- 1-7) وهكذا فإن كمية السائل خلال دورة واحدة ستكون مساوية .

$$q_c = F(h-h_F)\rho.g \qquad (7\text{-}9)$$

تعطى قيمة (h_f) بشكل تقريبي بالعلاقة التالية:

$$h_f = \frac{321 \ . \sqrt[3]{L^2}}{d^{0,5}.\rho} \qquad (7\text{-}10)$$

حيث :

L – طول مواسير الإنتاج مقدراً بالمتر.

d – قطر مواسير الإنتاج مقدراً بـــ m.

ρ – كثافة السائل مقدرة بـــ kg/m^3.

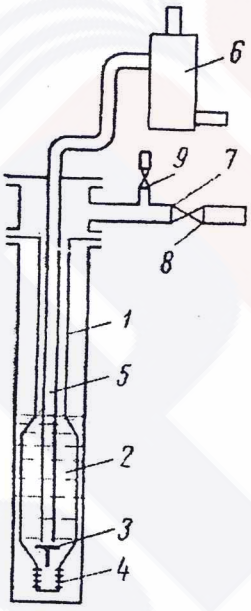
بالنتيجة سيكون الاستهلاك النوعي (التدفق النوعي) للغاز المحقون مساوياً :

$$R_o = \frac{V_{g.c}.10^4}{q_c} = \frac{(V_{an} + V_r + V_{tub})10^4.P}{F(h-h_f)\rho.g} \qquad (7\text{-}11)$$

واضح من العلاقة (7-10) أنه من أجل إنقاص الاستهلاك النوعي للغاز المحقون يجب إنقاص قيمته (V_{an}) حجم الفراغ الحلقي بين مجموعتي المواسير قدر الإمكان، وأفضل النتائج يمكن الحصول عليها إذا كان بالامكان التحكم بتدفق الغاز ليس من

خلال فوهة البئر وإنما من خلال حجرة الإزاحة، عندها يلغى تأثير حجم الفراغ الحلقي بين مجموعتي المواسير، وفي هذه الحالة يتم تنظيم تدفق الغاز عند مدخل حجرة الإزاحة، مما يقلل من معدل الاستهلاك النوعي للغاز المحقون.

يوضح الشكل(9-7) مخطط نظام أو مضخة الإزاحة المتتالية المجهزة بقاطع أو منظم تدفق الغاز والمركب على السطح أي على فوهة البئر.



الشكل (9-7) – يوضح مخطط نظام مضخة الإزاحة المتتالية المجهزة بقاطع أو منظم تدفق الغاز المركب على السطح.

1- مجموعة مواسير الإنتاج المحيطية (الخارجية).

2- حجرة الإزاحة المتتالية (خزان تجميع).

3- صمام السحب .

4- مصفاة أو فلتر .

5- مواسير الإنتاج المركزية (الداخلية).

6- فاصل الغاز الموجود على السطح.

7- خط حقن الغاز .

8- صمام.

9- صمام إطلاق أو صمام تشغيل.

تنزل في البئر مجموعتان من مواسير الإنتاج خارجية بقطر63 mm (1) وهي مجهزة في أسفلها بحجرة إزاحة أو خزان تجميع (2) وداخلية (5) بقطر 38 mm. يتجمع سائل البئر في حجرة الإزاحة وبارتفاع قدرة 90 m تقريباً، ينتقل السائل المتجمع في حجرة الإزاحة إلى مواسير الإنتاج بمساعدة ضغط الغاز المحقون والذي يشغل الفراغ الحلقي بين مجموعتي المواسير ويتابع السائل طريقه إلى السطح. في لحظة وصول السائل إلى خط طرد البئر يعمل مباشرة مؤشر أو دليل القذف أو الطرح أو الإزاحة وعندها يحدث إيقاف أو منع تدفق الغاز المحقون، وبعد مرور الزمن الكافي لتجميع كمية كافية من السائل من جديد ضمن حجرة الإزاحة يعمل قاطع الزمن (المؤقت الزمني) ويبدأ الغاز المحقون من جديد بالتدفق باتجاه حجرة الإزاحة وهكذا تتكرر دورة الإزاحة تنجز مضخة الإزاحة المذكورة من 1 إلى 6 دورة في الساعة الواحدة وذلك عند عمق إنزال مساو لـــ 1800 m وإنتاجية عظمى قدرها $\frac{ton}{day}$,80. ومن الجدير بالذكر بأن مضخة الإزاحة المتتالية المذكورة تتطلب غازاً محقوناً بكمية أصغر بـــ (2) إلى (4) مرات بالمقارنة مع المصعد الغازي العادي (نظام الرفع الغازي المستمر). تستخدم في الآبار العميقة أنظمة الإزاحة المتكررة أو المتتالية والتي يتم فيها تنظيم تدفق الغاز المحقون من خلال حجرة الإزاحة (خزان التجميع) بالذات وليس من خلال فوهة البئر (على السطح) .

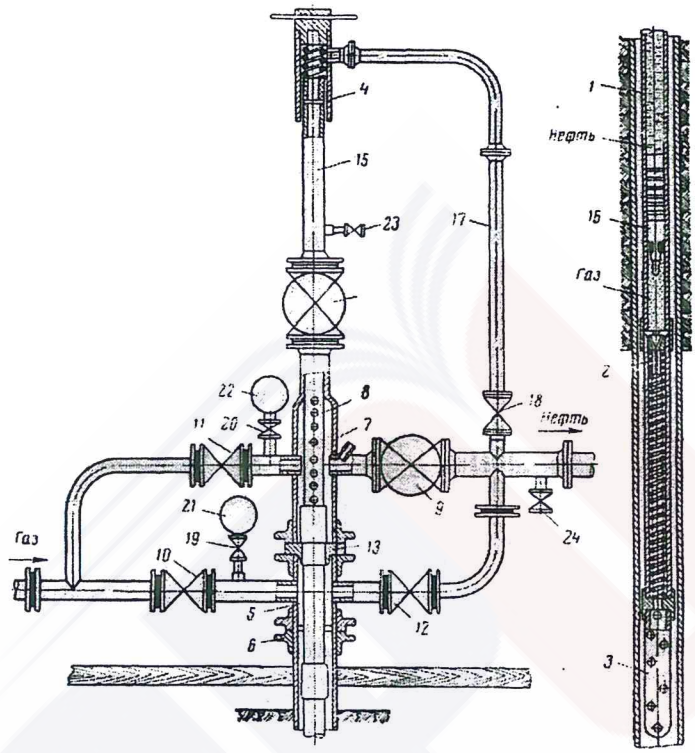
الرفع الغازي المكبسي
(Plunger gas-lift)

4-7 مبدأ الرفع الغازي المكبسي وتجهيزاته :

يستخدم ما يسمى بالرفع الغازي المكبسي الحر للإنتاج (لرفع السوائل) من الآبار ذات ضغط القاع المنخفض، حيث يكون المستوى الستاتيكي للسائل منخفضاً ويمكن هنا استخدام طاقة الغاز الذي يحقن أسفل المكبس الحر والذي يقوم بدفع المكبس (نحو الأعلى) والذي بدوره يدفع السائل أمامه باتجاه فوهة البئر حتى يصل هذا الأخير إلى خط طرد البئر.

يمكن حقن الغاز عن السطح (من خلال فوهة البئر) في حالة عدم كفاية طاقة الغاز الطبقي والشكل (10-7) يوضح مخطط الرفع الغازي المكبسي، حيث تنزل في البئر مجموعة واحدة من مواسير الإنتاج (1) مزودة أو مجهزة في نهايتها السفلى بوسادة ومخفف صدمات نابضي سفلي (2) ويتصل الفلتر (3) بالغلاف الخارجي لمخفف الصدمات السفلي، تتألف التجهيزات السطحية من :

أ- الجزء المركزي أو الأساسي وهو يضم العمود المركزي أو الماسورة المركزية والمخارج أو التفرعات الجانبية، تستخدم التفرعات أو المخارج الواقعة على الجهة اليسرى من الشكل (10-7) لحقن الغاز المضغوط، أما المخارج أو التفرعات الواقعة على الجهة اليمنى فهي تستخدم لطرد أو لخروج النفط، ينتهي الجزء العلوي للعمود المركزي (الماسورة المركزية) بمخفف صدمات علوي (4).



الشكل (10-7) – يوضح مخطط تجهيزات الرفع الغازي المكبسي .

تتألف التجهيزات السطحية لنظام الرفع الغازي المكبسي من الأجزاء الرئيسية التالية:

1- الصليب (5) المثبت على الفلنجة (6).

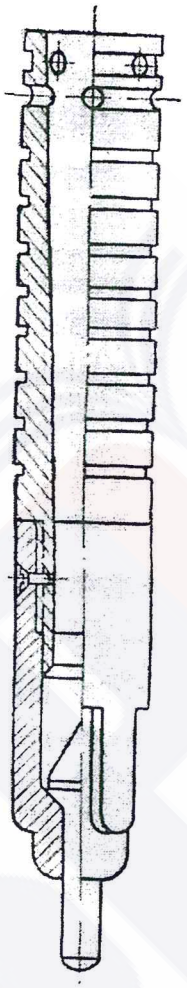
2- حجرة الطرد (حجرة خروج منتجات البئر) (7) وهي مجهزة بماسورة مثقبة بثقوب عديدة (8) .

3- خط الطرد المجهز بصمام (9) .

4- خط تزويد أو إمداد الفراغ الحلقي بمادة الحقن (الغاز المضغوط)، ويتم إمداد هذا الخط بالغاز المضغوط بواسطة صمام منظم لدخول الغاز (10).

5-خط حقن الغاز ضمن مواسير الإنتاج وهو مجهز بصمام للتحكم بتدفق الغاز (11).

6- خط طرد الغاز من الفراغ الحلقي وهو مجهز بصمام (12).
7- فلنجة تعليق وتثبيت مواسير الإنتاج (13) من أجل تثبيت وتعليق مواسير الإنتاج.
8- صمام الفوهة (14) المجهز بالحجرة (15) التي يتوضع ضمنها المكبس (16) عند إدخاله في البئر .
9- الخط التفرعي الجانبي (17) المزود بصمام (18) وذلك من أجل توجيه المزيج (نفط – ماء) إليه عند وصول المكبس إلى فوهة البئر واصطياده في حجرة الطرد .
من أجل التحكم بالضغط في خطوط الحقن ركبت عليها مآخذ مجهزة بصمامات (20 و19) وبمقاييس ضغط (22 و21)، تم تزويد الجزء السفلي للماسورة المركزية (15) بمخرج ملحوم عليها وجهز بدوره بصمام (23) لتمرير الغاز من الحجرة أو لإفراغها من الغاز عند دخول وخروج المكبس إليها (ضمنها)، كما أنه تم تركيب ماسورة مزودة بصمام (24) على خط خروج النفط. المكبس هو القسم الوحيد المتحرك في هذا النظام والمكبس هو عبارة عن اسطوانة فارغة سطحها الخارجي مزود بقنوات عرضية صغيرة (بأخاديد عرضية صغيرة) كما هو موضح بالشكل (11-7). يتوضع في القسم السفلي للمكبس قفص أو غلاف مجهز بكرسي وصمام ذي نابض طويل (صمام نابضي). عند سقوط المكبس ضمن الوسط الغازي والوسط السائل في المواسير فإنه يبقى مفتوحاً. يكون قطر المكبس أصغر بـ (2-2.5 mm) من القطر الداخلي لمواسير الإنتاج.



الشكل (11-7) – يوضح المكبس المجهز بقنوات عرضية .

مبدأ عمل نظام الرفع الغازي المكبسي هو التالي:

يسقط المكبس ذو الصمام السفلي المفتوح باتجاه الأسفل بتأثير ثقله، حيث يسمح للمزيج (نفط – غاز) بالمرور عبره (من خلاله)، عند اصطدام المكبس بوسادة مخفف الصدمات السفلي ينغلق صمام المكبس، ويبدأ الغاز المضغوط أسفل المكبس بدفعه إلى الأعلى وهو بدوره (المكبس) يدفع عمود السائل الموجود فوقه، وعندما يصل عمود السائل إلى الجزء المثقب من الماسورة (إلى الفوهة) (8) [انظر الشكل (10-7)] يبدأ النفط بالدخول في المخرج الجانبي (خط الطرد الجانبي) ومنه إلى خط الطرد ومنه إلى فاصل الغاز. بعد خروج كل النفط إلى خط التجميع فإن المكبس يستمر في

الصعود ويرتفع إلى الأعلى (تحت تأثير قوى العطالة الناتجة عن تأثير كتلته) ويخرج مع نهايته السفلى خارج حدود الجزء المثقب من الماسورة (8)، ويخرج الغاز الواقع تحت المكبس خلف النفط في خط الطرد، وبالتالي ينخفض الضغط تحت المكبس، ويدفع الغاز المتبقي في الحجرة فوق المكبس بقوة الضغط صمام المكبس إلى الأسفل، ويبدأ المكبس بالسقوط مرة أخرى وهكذا تتكرر الدورة أو العملية تباعاً .

يرفع السائل بشكل كميات مختلفة الحجوم على دفعات متتالية، تنظم كميات الإنتاج بواسطة تغيير عمق انغمار المواسير تحت المستوى الديناميكي، وبتغيير مقاطع ثقوب التمرير للصمام (9). ينظف المكبس جدران مواسير الإنتاج من البارافينات والشموع والصموغ وذلك في حالة إنتاج النفط البارافيني الحاوي على كميات معتبرة من الشموع والصموغ والإسفلتيات، كما أنه من الملاحظ أن وجود الرمال في النفط لا يؤثر إطلاقاً في عمل المكبس الحر.

الاستهلاك النوعي الوسطي للغاز يتراوح ما بين ($0,28\text{-}40\ m^3/ton$) لكل (1) متر رفع. إنتاجية (استطاعة) الرفع المكبسي بالعلاقة مع قطر مواسير الإنتاج هي موضحة بالجدول (1-7) التالي:

قطر مواسير الإنتاج mm	50	63	75
إنتاجية الرفع المكبس مقدرة بـ $\frac{ton}{day}$	1-10	10-25	25-50

الحدود الدنيا تعود إلى الآبار ذات المعامل الغازي القليل أو عمق إنزال المواسير فيها أعلى أو أكبر من (800 , m).

5-7 حساب معاملات أو مؤشرات الرفع الغازي المكبسي:

كي نرفع عمود السائل إلى السطح يجب أن نملأ مواسير الإنتاج بالغاز المضغوط بضغط (P)، سيعطى الضغط اللازم والضروري لتحريك ودفع عمود السائل والمكبس إلى الأعلى ووصوله إلى الفوهة بالعلاقة التالية:

$$P = h.\rho.g + P_2 + P_p + P_{Fr.p} + P_{Fr.\ell} \qquad (7\text{-}12)$$

حيث :

P_2 : الضغط المعاكس على فوهة البئر (ضغط الفوهة).

P_p : الضغط اللازم للتغلب على وزن المكبس.

$P_{Fr.p}$: الضغط الضائع المصروف للتغلب على احتكاك المكبس مع الجدران الداخلية للمواسير .

$P_{Fr.\ell}$: الضغط الضائع المصروف للتغلب على احتكاك عمود السائل المرفوع مع الجدران الداخلية للمواسير.

قيمة الضغط (P_p) في حالة استخدام مكبس بقطر $(60\ ,\ \text{mm})$ وذي وزن $(6\ ,\ kg)$ سيكون مساوياً حوالي $\left(0{,}2.9{,}81.10^4 \quad N/m^2\right)$، هذا الرقم لا يتغير تقريباً للمكابس ذوات القياسات الأخرى المختلفة أي يبقى ثابتاً تقريباً لكل أنواع المكابس.

الضغط $(P_{Fr.p})$ يجب أن يكون أصغر من قيمة (P_p) وإلا فإن المكبس سوف لن يسقط إلى الأسفل بتأثير ثقله الذاتي، لذلك يمكن أن نعتمد بشكل تقريبي العلاقة التالية:

$$\Delta P = P_p + P_{Fr.P} = 0{,}3.9{,}81.10^4\ ,\ {}^{N}\!/_{m^2} \qquad (7\text{-}13)$$

يتعلق الضغط $(P_{Fr.\ell})$ بسرعة حركة المكبس وأبعاده وبارتفاع عمود السائل ولزوجته. عند سرعة حركة المكبس بسرعة قدرها $(2\ ,\ {}^{m}\!/_{\text{sec}})$ يمكن أن نعتبر:

$$P_{Fr.\ell} = 0{,}1.h.g.\rho \qquad (7\text{-}14)$$

وهكذا بعد تعويض قيم (ΔP) و $(P_{Fr.\ell})$ في العلاقة (7-12) نجد أن :

$$P = h.\rho.g + P_2 + \Delta P + 0{,}1.h.\rho.g \qquad (7\text{-}15)$$

$$P = 1{,}1.h.\rho.g + P_2 + 0{,}3.9{,}81.10^4 \qquad (7\text{-}16)$$

عند حركة المكبس للأعلى سيكون هناك تسرب تهريب للغاز في الخلوص بين المكبس والجدران الداخلية لمواسير الإنتاج، ويتعلق مقدار هذا التسرب أو التهريب

بفرق الضغط أسفل وأعلى المكبس، وبعرض الشق أو الخلوص بين المكبس وجدران المواسير، وبزمن ارتفاع المكبس. يحدد فرق أو هبوط الضغط بين أسفل وأعلى المكبس بالعلاقة التالية:

$$\Delta P = P_p + P_{Fr.p} = 0,3.9,81.10^4 \ , \quad {}^{N}/_{m^2} \tag{7-17}$$

تعطى مساحة المقطع العرضي للخلوص بين المكبس والجدران الداخلية للمواسير بالعلاقة التالية:

$$F_z = \pi.d.S \tag{7-18}$$

حيث :

d : قطر المواسير مقدراً بـــ M .

S : عرض الخلوص (الشق) مقدراً بـــ M .

يمكن تحديد التدفق الكتلي بالثانية للغاز عبر الخلوص بالعلاقة التالية:

$$g_{sec} = 4,43 \ .F_z.\mu.\sqrt{h.\rho_g} \tag{7-19}$$

μ : معامل التدفق وهو مساو (0.8) .

h : فرق الضغط مقدراً بـــ (mm) إرتفاع عمود ماء.

ρ_g : كثافة الغاز مقدرة بـــ (${}^{Kg}/_{m^3}$) عند الضغط (P) .

وهكذا فإنه يوجد أحكام جيد، وهذا الأحكام ناتج عن وجود مجموعة من القنوات العرضية على محيط المكبس (أخاديد عرضية) عددها حوالي (25 قناة)، موزعة على طول محيط المكبس، إذن فإن هبوط أو فرق الضغط على قناة (أخدود) واحدة سيكون:

$$h = \frac{0,3.10^5}{25} = 120 \ , \quad mm \tag{7-20}$$

إذاً فرق الضغط هو عبارة عن عمود ماء ارتفاعه (120 , mm).

بتعويض قيمة (h) من (7-20) في العلاقة (7-19) نجد أن :

$$g_{sec} = 120 \ .d.S.\sqrt{\rho_g} \tag{7-21}$$

بتحويل التدفق الكتلي إلى تدفق حجمي بالدقيقة محول إلى الضغط الجوي نحصل على :

$$V_{\min} = \frac{32.d.S.\sqrt{P}}{\sqrt{\rho_g}}, \quad m^3/\min \qquad (7\text{-}22)$$

وباعتبار أن :

$$P = 10.10^5, \quad N/m^2$$

$$S = 0{,}001, \quad M$$

$$d = 0{,}075, \quad M$$

$$\rho_g = 0{,}80, \quad K_g/m^3$$

بعد تعويض هذه القيم في العلاقة (7-22) نجد أن :

$$V_{\min} = \frac{23.0{,}075.0{,}001\sqrt{10.10^5}}{\sqrt{0{,}8}} = 1{,}9, \quad m^3/\min$$

إذن سيكون التدفق الحجمي للغاز المستهلك أو المصروف (V_{los}) لتعويض التسرب أو التهريب للغاز في الخلوص بين المكبس وجدران المواسير مساوياً:

$$V_{\ell os} = 1{,}9.t_1 \qquad (7\text{-}23)$$

حيث :

t_1 : زمن ارتفاع المكبس مقدراً بالدقيقة.

وهكذا فإن التدفق الحجمي الكلي للغاز المصروف لرفع المكبس سيكون مساوياً:

$$V_{tot} = L.F\left(1{,}1.h.\rho.g + P_2 + \Delta P\right) + 1{,}9.t_1 \qquad (7\text{-}24)$$

وستكون كمية الغاز القادم من الطبقة خلال هذه الفترة الزمنية (t_1) ستكون :

$$V_{g.f} = q.t_1.G \qquad (7\text{-}25)$$

حيث :

G: المعامل الغازي الوسطي

q : الإنتاجية خلال الفترة الزمنية (t_1)

أما كمية الغاز التي تدخل إلى ماسورة الإنتاج خلال الفترة الزمنية (t_1) ستكون :

$$V_{g.tub} = \frac{q.t_1 G.F_h}{F} \qquad (7\text{-}26)$$

حيث :

q : إنتاجية الطبقة من السائل مقدرة بـــ $(\frac{ton}{\min})$ أي طن على دقيقة

F_h : مساحة المقطع العرضي لثقب دخول الغاز في مواسير الإنتاج مقدراً بـــ(m^2).

F : مساحة مقطع مواسير التغليف مقدراً بـــ (m^2).

وهكذا فإنه من أجل رفع عمود السائل من الضروري أن تتحقق المساواة التالية:

$$V_{tot} = V_{g.tub} \quad ، \qquad (7\text{-}27)$$

هذا يعني :

$$L.F.(1{,}1.h.\rho.g + P_2 + \Delta P) + 1{,}9.t_1 = \frac{q.t_1.G.F_h}{F} \quad ، \qquad (7\text{-}28)$$

عند ذلك فإن زمن الدورة الكاملة سيكون مساوياً لزمن رفع وزمن سقوط المكبس (صعود المكبس وزمن سقوطه) أي :

$$t = t_1 + t_2 \qquad (7\text{-}29)$$

حيث :

t_1 : زمن ارتفاع المكبس مقدراً بالدقيقة .

t_2 : زمن سقوط المكبس مقدراً بالدقيقة .

وحدات الرفع الغازي المكبسي المنتقاة أو المختارة بشكل صحيح يمكننا أن نعتبر العلاقة بين (t_1) و (t) مساوية لـــ :

$$t_1 = 0{,}83 \ .t \quad ، \qquad (7\text{-}30)$$

وطالما أن :

$$t = \frac{h.F.\rho.g}{q} \quad ، \qquad (7\text{-}31)$$

فإن:

$$t_1 = \frac{0{,}83 \ .h.F.\rho.g}{q} \quad ، \qquad (7\text{-}32)$$

بتعويض قيمة (t_1) في العلاقة (7-28) وحلها بالنسبة لـ (G) نحصل على :

$$G = \frac{1{,}2.F.L.q.\left(1{,}1h.\rho.g + P_2 + \Delta P\right) + 1{,}9h.\rho.F.g}{F_h.h.\rho.q.g} \quad ، \qquad (7\text{-}33)$$

أما قيمة التدفق الحجمي (G) مقدراً ($m^3/\sec$) للغاز من الطبقة والمعطاة بالعلاقة (7-33) سوف تكون :

$$V_o = G.q = \frac{1{,}2.F.L.q.\left(1{,}1h.\rho.g + P_2 + \Delta P\right) + 1{,}9h.\rho.F.g}{F_h.h.\rho.g} \qquad (7\text{-}34)$$

وبالنتيجة فإن بلوغ قيمة التدفق الحدي (الحرج) للغاز (الوصول إلى المساحة الحدية F_h) سيتحقق عند بلوغ سرعة الغاز ضمن مواسير الإنتاج (الرفع) سرعة قريبة من السرعة الحرجة لسقوط المكبس، وبالتالي فإنه في حالة الاستخدام الكامل لقيمة تدفق ا+لغاز سيكون:

$$F_h = F \Rightarrow \frac{F_h}{F} = 1 \quad ، \qquad (7\text{-}35)$$

وبما أن :

$$V_o = G.\frac{F_h}{F} \quad ، \qquad (7\text{-}36)$$

فإن العلاقة (7-34) ستكتب بالشكل التالي (باختصار F_h و F) سيكون :

$$V_o = \frac{1{,}2.L.q.\left(1{,}1h.\rho.g + P_2 + \Delta P\right) + 1{,}9h.\rho.g}{h.\rho.g} \qquad (7\text{-}35)$$

تعبر العلاقة (7-35) عن الاستهلاك النوعي أو التدفق النوعي للغاز واللازم لرفع السائل بالشروط أو الظروف السائدة (المعطاة) .

يكون الاستهلاك النوعي أو التدفق النوعي للغاز المحدد بالعلاقة (7-35) أقل أو أصغر من المعامل الغازي الطبيعي، في هذه الحالة فإن السائل سوف يرتفع على حساب الطاقة الطبقية فقط، لكن بما أن الطاقة الطبقية يمكن أن تكون أكبر الطاقة اللازمة لرفع السائل، فإنه من أجل إنتاج أو رفع كمية محددة معطاة من السائل من الضروري استخدام جزء من هذه الطاقة الطبقية. يمكن تنظيم استخدام الطاقة الطبقية هذه إما بتشكيل ضغط معاكس على فوهة البئر (P_2)، وإما بتوجيه جزء من الغاز

إلى داخل مواسير الإنتاج، لذلك يجب مسبقاً أخذ نسبة محددة للمساحات أو المقاطع (F_h) و(F).

يمكن تغيير ضغط فوهة البئر خلال فترة عمل البئر فقط، وطالما أن النسبة بين (F_h) و(F) أي $(\frac{F_h}{F})$ تبقى ثابتة، لذلك فإن التحكم النهائي بتدفق الغاز المحقون سيتحقق بتطبيق ضغط معاكس على فوهة البئر (P_2)، كما أنه سوف يتغير الضغط المعاكس المطبق على فوهة البئر والذي يتم تطبيقه باستخدام الفالات السطحية وذلك في حالات الإنتاجية المتغيرة، لهذا فإن الحفاظ على قيمة ثابتة للضغط المعاكس يتم استخدام فاصل الغاز على السطح .

تحدد قيمة المساحة الحدية المذكورة (F_h) من العلاقة (7-33) كالتالي:

$$F_h = \frac{1{,}2.F.L.q.(1{,}1h.\rho.g + P_2 + \Delta P) + 1{,}9h.\rho.F.g}{G.h.\rho.q.g} \qquad (7\text{-}36)$$

يجب زيادة قيمة (F_h) المحددة بالعلاقة (7-36) وذلك من أجل فعالية أكبر لعمل المصعد الغازي المكبسي (الرفع الغازي المكبسي)، أيضاً يمكن تحديد قيمة الضغط المعاكس المشكل على الفوهة (P_2) من العلاقة (7-33) كالتالي:

$$P_2 = \frac{F_h.G.h.\rho.g.q - 1{,}9h.\rho.F.g}{1{,}2.F.L.q} - 1{,}1.h.\rho.g - \Delta P \qquad (7\text{-}37)$$

إذ كان المعامل الغازي للبئر (G_0) أصغر من قيمة الاستهلاك النوعي للغاز (V_0) والتي يتم الحصول عليها بالعلاقة (7-35) فإنه من الضروري حقن كمية اللازمة من الغاز عن السطح (من خلال فوهة البئر) .

يحدد طول المكبس في حالة الرفع الغازي المكبسي بالعلاقة التالية:

$$L = h_0 + h \qquad (7\text{-}38)$$

حيث :

h_0 : عمق المستوى الديناميكي .

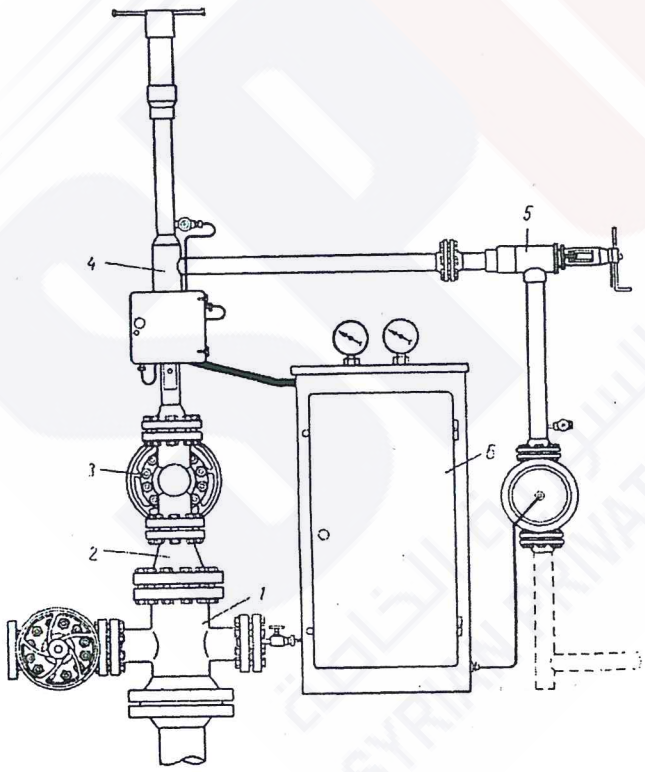
h : ارتفاع المصعد (مواسير الإنتاج) .

حدد الباحث كريلوف النسبة بين (h) و (h_0) عن طريق الاصلاحات الرياضية للعلاقة (7-22) وذلك كما يلي:

$$h = 4{,}3.\sqrt{h_0} \qquad (7\text{-}39)$$ ،

$$L = h_0 + 4{,}3\sqrt{h_0} \qquad (7\text{-}40)$$

في أثناء ارتفاع المكبس للأعلى دافعاً عمود السائل الذي يقع فوقه، فإنه يتواجد تحت (أسفل) المكبس عمود من السائل يتحرك نحو الأعلى أيضاً، ويسمى عمود السائل هذا بالذيل، وهذا الذيل (عمود السائل المتجمع والمتحرك إلى الأعلى أثناء صعود المكبس للأعلى) يعيق أو يمنع وصول غاز الفراغ الحلقي مباشرة إلى أسفل المكبس وبذلك يحدث ربط أو لف أو حزم للمكبس (إحاطة للمكبس)، لهذا السبب فإن نظام الإنتاج في هذه الحالة يسمى بالنظام المكبسي الأوتوماتيكي ذي الباكر الهيدروليكي، حيث تتألف تجهيزات البئر لهذا النظام (نظام الرفع المكبسي الأوتوماتيكي المزود بباكر هيدروليكي)، كما هو موضح بالشكل (7-12) من الأقسام الرئيسية التالية :



الشكل (7-12) – يوضح نظام الرفع المكبسي الأوتوماتيكي المزود (المجهز) بباكر هيدروليكي.

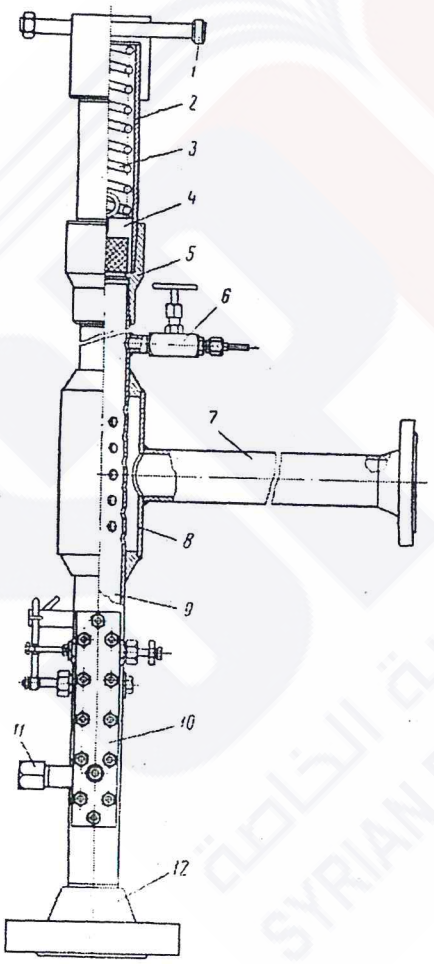
1- تجهيزات رأس البئر وهي موضحة بالشكل (7-12) .

2- شجرة ميلاد لوصل أو ربط مواسير الإنتاج بخط الطرد وهي موضحة بالشكل (7-13) .

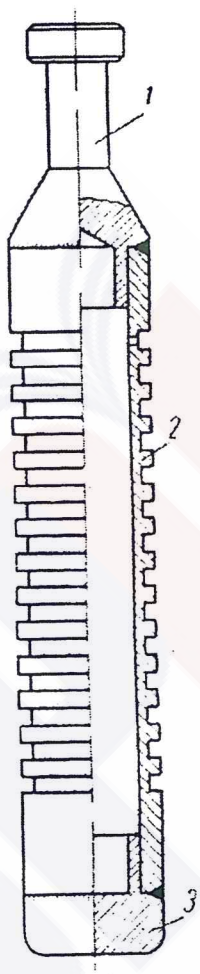
3- لوحة تشغيل وتحكم ومراقبة وهي موضحة بالشكل (7-12 العنصر رقم 6) .

4- مواسير الإنتاج .

5- مكابس مختلفة الأقطار أحدها موضح بالشكل (7-14) .



الشكل (7-13) - يوضح شجرة الميلاد المستخدمة في حالة النظام المكبسي الأوتوماتيكي المزود بباكر هيدروليكي .



الشكل (14-7) – يوضح مكبس النظام الأوتوماتيكي المزود بباكر هيدروليكي.

تتألف تجهيزات رأس البئر كما هو موضح بالشكل (12-7) من الصيلب (1) وفلنجة التحويل أو الوصل (2) والصمام الرئيسي (3)، وهي (تجهيزات رأس البئر) مخصصة لأحكام إغلاق فوهة البئر وللتحكم بعملها، وأيضاً لربط أو وصل فوهة البئر مع خط الطرد (4)، وهذه التجهيزات محسوبة أو مصممة للعمل بضغوط حتى $40\ ,\ Kg/cm^2$. تضم تجهيزات رأس البئر لهذا النظام (الرفع المكبسي الاوتوماتيكي المزود بباكر هيدروليكي) العناصر التالية:

1- شجرة ميلاد مجهزة بمخفف صدمات نابضي علوي، ومكان أو حجرة لإصطياد المكبس وصمام عدم رجوع أوتوماتيكي ينظم دورات عمل النظام المكبسي الأوتوماتيكي المزود بباكر هيدروليكي.

2- فالة سطحية تحكمية (متغيرة المقطع) (5) يمكن بواسطتها تغيير معدل التدفق، أما في الأنظمة الأخرى فإن خط الطرد الجانبي يجهز عادة بفالة عادية ذات مقطع ثابت (فالة لا تحكمية) .

بالنسبة لشجرة الميلاد الموضحة بالشكل (13-7) فإنها تتألف من الماسورة (9) ذات القطر (63 , mm) المطابق لقطر مواسير الإنتاج المستخدمة، وفي نهايتها السفلى تتوضع فلنجة التثبيت (12)، ويضم القسم الأوسط من هذه الشجرة ماسورة (9) مثقبة على كامل سطحها، ويكون القسم المثقب من هذه الماسورة مغطى بغلاف (8)، هذا الغلاف موصول أوملحوم جانبياً بماسورة الطرد الجانبية (7)، ويوجد على القسم السفلي للغلاف (8) وعلى جسم الماسورة (9) شقوق عمودية (أو أخاديد عمودية) من أجل مسك أو لقط المكبس ومسك القاطع الأوتوماتيكي المنظم الذي ينظم دورات عمل النظام. الشقوق أو الأخاديد العمودية تكون مغطاة بأغلفة ملحومة ومجهزة بأغطية (10)، أما على الجهة اليسرى لغلاف القاطع الأوتوماتيكي المنظم تركب أو توصل الماسورة الجانبية (11)، وذلك من أجل حقن البخار أو النفط المسخن في أثناء تنظيف خطوط الطرد (المخارج) من البارافينات. الغلاف العلوي (8) موصول وملحوم بماسورة مجهزة بصمام عادي مخصص لقياس ضغط النظام (محطة الإمداد والتزويد بالغاز وتجفيفه ومعالجته)، على النهاية العلوية للماسورة (9) يركب مخفف الصدمات العلوي بواسطة وصلة التحويل (5)، ويتألف مخفف الصدمات العلوي من ماسورة (2)، ويوجد في داخل مخفف الصدمات العلوي وسادة واقية (4) مع قطعة مطاطية كاوتشوكية مصنعة من الكاوتشوك المقاوم للنفط والظروف الآكالة بالإضافة إلى النابض (3) وربطت بواسطة شرار على النهاية العليا للماسورة (2) سدادة أوغطاء (1) مجهز بذراع تدوير أو قبضة من أجل رفعها أثناء الحاجة.

يتألف المكبس الموضح بالشكل (14-7) من الرأس (1) والهيكل أو الجسم (2) والنهاية أو المؤخرة (3) التي تكون على شكل قلنسوة. المكابس تكون جوفاء (المكبس يكون أجوف فارغ) كي يتم تقليل وزنها، كما تؤمن الأخاديد أو الشقوق العرضية

(فرضات عرضية) والموجودة على محيط المكبس عزلاً محكماً وتمنع تهريب أو تسرب السائل من خلال الخلوص بين سطحه الخارجي والسطح الداخلي للمواسير تستخدم مكابس بأقطار تتراوح ما بين (54-59 ,mm)، كما يتم تزويد وإمداد نظام الرفع المكبسي الأوتوماتيكي ذي الباكر الهيدروليكي بمادة الحقن (الغاز) من خلال محطات الإمداد بالغاز، وذلك بعد معالجته وتجفيفه في هذه المحطات كي يصبح صالحاً للاستخدام من جديد في عملية الإنتاج.

المصطلحات العلمية

A	
Absolute	مطلق
Acceleration of gravity	تسارع الجاذبية الأرضية
Accumulation, petroleum	مكمن نفطي
Affluence	تدفق
Anchor	مقعد تثبيت
Annulus	الفراغ الحلقي
Application	تطبيق
Artificial	صناعي
Average	معدل
B	
Back pressure BP	الضغط العكسي
Barrel Per dais	برميل / يوم
Behavior of Reservoir	سلوك الطبقة
Behavior of well	حالة البئر
Bolt	عزقة
Bottom	قاع
Bottom- hole	قاع البئر
Box	صندوق
C	
Cable	كبل
Cap	قبعة
Capacity	استطاعة
Casing	مواسير التغليف

Characteristics	خصائص
Chart	مخطط بياني
Check	فحص
Check valve	صمام وحيد الاتجاه مع عدم الرجوع
Clamp	طوق تثبيت، حلقة احكام
Classification	تصنيف
Coefficient	معامل
Coefficient of gas wells	المعامل الغازي للآبار
Coefficient of productivity	معامل الانتاجية
Composition	تركيب
Compound	مركب
Compressibility	انضغاطية، قابلية الانضغاط
Compressibility factor	معامل الانضغاطية
Conductor `	ناقل وسيطي
Connection	وصلة
Consist of	يتكون من
Control	تحكم
Correct	صحيح
Correction factor	معامل تصحيح
Correlation	ترابط، وصلة
Correlation index	دليل الترابط، معامل الترابط
Corrosion ability	قابلية التآكل
Corrosion inhibitor	مانع تآكل
Corrosion resistance	مقاومة التآكل
Cross- sectional area	مساحة المقطع العرضي

Curve	منحني
Curve Distribution of pressure (travers curve)	منحني توزع الضغط
Curve Distribution of temperature	منحني توزع الحرارة
D	
Depth	عمق
Dispersion	تبعثر، تشتت
Displacement	إزاحة
Distribution	توزع
Discharge	تصريف
Drainage	تصريف
Down hole	جوفي
Draw Down Equation	معادلة السحب
Down hole metering tools	أدوات القياس الجوفية
Diameter of casing	قطر مواسير التغليف
Diameter of tubing	قطر مواسير الانتاج
Diameter equivalent	القطر المكافئ
Diameter external	قطر خارجي
Diameter internal	قطر داخلي
Diameter of choke	قطر التضيق أو الاختناق
Dynamic viscosity	اللزوجة الديناميكية
Dynamic Factor	المعامل الديناميكي
Density	الكثافة
Density of oil	كثافة النفط
Density of gas	كثافة الغاز

Density of liquid	كثافة السائل
E	
Eccentricity	غير ممركز، اختلاف المركز
Effective	فعال
Efficiency	مرود، فعالية
Electric panel	لوحة تحكم كهربائي
Emergency	طوارئ، حالة طارئة
Energy	طاقة
Equalizer	موازن
Equation	تعادل، تكافؤ توازن
Equilibrium	توازن، تعادل
Equivalent	مكافئ
Erosion	تآكل ميكانيكي
Exploitation	استثمار
Exponent	دليل، رأس
External	خارجي
F	
Factor	عامل
Fan	مروحة
Field	حقل
Figure	شكل
Filtration	إرتشاح
Floating	قابلية الطفو
Flow	تدفق، جريان
Flow injection	حقن الآبار بالسائل أو الغاز