ISSN: 2594-6153

Projeto de uma unidade experimental para elevação artificial de hidrocarbonetos - Sistema Gás *Lift*

Aldecir Barbosa de Menezes, Marcelo Yamaguti, Claudio Luiz Firmino, Cláudio Neves Borges, Dorotéa Vilanova Garcia, Karina Tamião de Campos Roseno

Universidade Santa Cecília - Programa de Pós-Graduação, Mestrado em Engenharia Mecânica, Santos-SP, Brasil
Email: eng_aldecir@hotmail.com

Resumo: A análise do comportamento de escoamento de fluidos multifásicos em um poço de petróleo operando por elevação artificial com injeção de gás *lift* é complexa e de difícil entendimento, ela requer técnicas e modelos matemáticos rebuscados, como mapas de fluxo de escoamento, gráfico de seleção de região de fluxo multifásico, entre outros. Este trabalho descreve o projeto e construção de uma unidade experimental gás *lift* em escala de laboratório. É apresentado a estrutura/materiais de construção, além de resultados de simulações necessárias ao projeto. A unidade experimental contribui de forma significativa no estudo da técnica de elevação artificial através do sistema gás *lift* e no entendimento dos fenômenos envolvidos durante o escoamento multifásico.

Palavras-chave: Elevação por gás *lift*, petróleo, automação.

Design of an experimental unit for artificial hydrocarbon lifting - Gas lift system

Abstract: Analysis of the flow behavior of multiphase fluids in an oil well operating by artificial lift with gas injection lift is complex and difficult to understand, it requires far-reaching mathematical models and techniques such as flow maps, graph to selection of flow , multiphase flow, among others. This article describes the design and construction of a experimental unit in laboratory scale. In addition to some construction data, the result of simulations needed to project is presented. The experimental unit contributes significantly to the study of the artificial lift technique through the gas lift system and to the understanding of the phenomena involved during multiphase flow.

Keywords: *gas lift, oil, automation.*

Introdução

Na indústria de petróleo e gás o processo responsável por transportar verticalmente os fluidos provenientes de um poço de petróleo é chamado de elevação, podendo ser natural ou artificial. Quando a pressão do poço é suficientemente elevada para transportar os fluidos, os poços são denominados “poços surgentes”. Quando esta pressão não é suficiente ou deseja-se aumentar a produção de poços utilizam-se métodos artificiais de elevação para auxiliar o processo.

Vários métodos de elevação artificial podem ser utilizados para auxiliar na extração de petróleo e vencer o peso da coluna de fluido do poço para que o mesmo produza satisfatoriamente, como exemplos cita-se: Gás *Lift* (GL), Bombeio Centrífugo Submerso

(BCS), Bombeio Mecânico (BM) e Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP).

A elevação artificial por gás *lift* é a injeção de um gás pressurizado em pontos específicos da coluna de produção do poço, realizado através de válvulas injetoras, afim de aumentar a pressão no fundo do poço e diminuir a densidade média deste fluido, facilitando o seu escoamento e auxiliando na sua elevação. No entanto, uma pressão excessiva de gás pode anular este efeito e reduzir a eficiência do método de elevação.

A elevação artificial por gás *lift* é um método de menor custo comparado as outras formas de elevação artificial, robusto, de alta confiabilidade e, portanto, o mais utilizado. No entanto, um poço utilizando este método, deve ser analisado frequentemente, pois sua eficiência está intimamente ligada às condições de produção do reservatório e às características de fluxo. Fatores como alterações de pressão, fração de água produzida, temperatura ambiente, eventual acúmulo de condensado no espaço anular, redução do diâmetro da coluna de produção devido a deposição de parafina, podem variar ao longo da vida produtiva do reservatório e, portanto, devem ser constantemente monitoradas [1]. Esta análise é normalmente realizada a partir da caracterização dos fluidos produzidos, das tubulações de superfície e subsuperfície e da utilização de procedimentos de cálculos para determinação das perdas de carga do escoamento multifásico, desde o fundo do poço até o tanque de armazenamento. De uma maneira geral, pode-se afirmar que para cada poço, a cada momento, existe uma vazão ideal de injeção de gás que resulta na melhor condição de produção. Um bom ajuste na quantidade de gás injetado, além de maximizar a produção de óleo, reduz os gastos com energia para compressão do gás.

Objetivos

O presente estudo tem como objetivo descrever o projeto de um sistema de elevação artificial gás *lift* em escala de laboratório, o qual irá operar inicialmente com os fluidos água/ar. Através desta unidade será possível verificar os fenômenos de transporte de fluido em escoamento bifásico que ocorrem em um sistema de injeção gás *lift*. Este sistema é importante para a pesquisa e ensino na área de fluidos, mais especificamente, elevação artificial de hidrocarbonetos, pois este gera diversos fenômenos de transporte de fluidos de difícil modelagem. Estudos de controle das variáveis operacionais, automação do sistema também serão pesquisadas para aperfeiçoamento do sistema.

Materiais e Métodos

A Figura 1 apresenta um esboço do sistema de gás *lift* com os equipamentos

ISSN: 2594-6153

fundamentais para a sua construção:

- A coluna de produção (a) será constituída por um tubo transparente de 1 polegada de diâmetro e 1,6 metros de altura.

- O reservatório superior, separador de líquido/gás (b) será uma caixa de acrílico de 0,25 m x 0,20 m x 0,20 m de altura, largura e comprimento, respectivamente, disposta no topo do poço, que fará o líquido retornar para o reservatório inferior e o gás elevado será descartado para atmosfera, separando assim os dois fluidos.

- A coluna de retorno (c) será constituída por um tubo transparente de 1 polegada de diâmetro e 1,20 m de altura.

- O reservatório inferior (d), que simulará o poço de petróleo e a formação rochosa, será constituído por uma caixa de acrílico de 0,20 m x 0,20 m x 0,30 m (altura, largura e comprimento, respectivamente). Internamente este reservatório terá uma repartição com placas de acrílico perfuradas, que formará um compartimento chamado de permeâmetro (e), que será preenchido com areia de permeabilidade de k = 100 mD, valor utilizado no projeto do sistema. O espaço entre o reservatório inferior (d) e o permeâmetro (e) será preenchido com água a uma pressão estática de 0,16 atm, provocada pelos fluidos presentes na coluna de retorno (c).

O gás de injeção (ar) será fornecido através de um compressor com pressão máxima de 0,20 atm. A pressão do ar a ser injetada na coluna de produção para a elevação da água será ajustada por um regulador de pressão manual e verificada em um manômetro.

A pressão de reservatório no sistema físico a ser construído foi estimada adotando-se uma formação rochosa de permeabilidade k = 100 mD, que corresponde a um reservatório bom, de porosidade de 20% [2]. Adotou-se uma pressão de 1,65 mca, correspondente à altura total do sistema de entrada de líquido, formado pela soma do separador de líquido/gás (b), (0,25 m), mais a coluna de retorno (c), (1,20 m), mais a altura do reservatório inferior (d), (0, 20 m). Dessa forma obtém-se a vazão de produção do poço através da utilização da equação de Henry Darcy para fluxo horizontal (equação 1) [2].

$$q = \frac{khA}{L} \qquad (1)$$

Sendo:

q representa a vazão de fluido (cm^3/s)

A representa a área da seção transversal do permeâmetro (cm^2)

h é a carga hidráulica (atm)

L é o comprimento do meio poroso, permeâmetro (cm)

K representa a permeabilidade do meio poroso (Darcy)

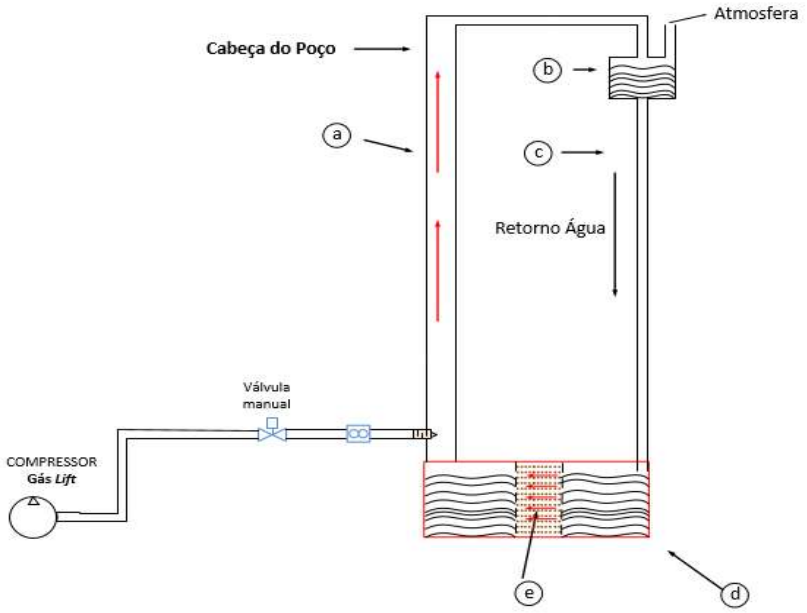


Figura 01: Diagrama funcional da Unidade Experimental para Elevação Artificial de Hidrocarboneto. a) coluna de produção; b) separador de água /ar; c) coluna de retorno; d) reservatório inferior e) compartimento do permeâmetro .

Resultados

O quadro 1 apresenta uma simulação feita no *software* Excel, mostrando a variação teórica dos valores de vazão e pressão no sistema.

Através desta simulação foi possível dimensionar os elementos do sistema, tais como: altura da coluna de produção (a); dimensões do separador de água/ar (b); dimensões da coluna de retorno (c); dimensões e altura do reservatório inferior (d), dimensões do compartimento do permeâmetro (e) e pressão de trabalho da bomba de ar comprimido.

No quadro 1 a carga hidráulica foi incrementada de 0,20 metros de coluna d'água a cada passo.

Variação de Pressão e Vazão

h (cm)	A (cm²)	Altura Permeâmetro	Largura Permeâmetro	L Permeâmetro	K	Pressão atm	q cm3/s	q l/s	q m3/s	Pessão bar	Pessão PSI
0	400	20	20	10	100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20	400	20	20	10	100	0,0194	15,4900	0,0155	0,0000	0,0196	0,2845
40	400	20	20	10	100	0,0387	30,9800	0,0310	0,0000	0,0392	0,5689
60	400	20	20	10	100	0,0581	46,4700	0,0465	0,0000	0,0589	0,8534
80	400	20	20	10	100	0,0775	61,9600	0,0620	0,0001	0,0785	1,1379
100	400	20	20	10	100	0,0968	77,4500	0,0775	0,0001	0,0981	1,4223
120	400	20	20	10	100	0,1162	92,9400	0,0929	0,0001	0,1177	1,7068
140	400	20	20	10	100	0,1355	108,4300	0,1084	0,0001	0,1373	1,9912
160	400	20	20	10	100	0,1549	123,9200	0,1239	0,0001	0,1570	2,2757
180	400	20	20	10	100	0,1743	139,4100	0,1394	0,0001	0,1766	2,5602

Quadro 01: Variação de Pressão e Vazão (autor).

Discussões

A lei de Darcy pode ser empregada para o estudo de escoamento em reservatórios de petróleo e aplicável apenas quando o fluxo é laminar, sendo válida para a faixa de 1 < Re > 10 (faixa normalmente adequada para estudos de reservatórios). A figura 2 e quadro 2 apresentam, respectivamente a faixa de aplicação da Lei de Darcy e Classificação de reservatórios [2].

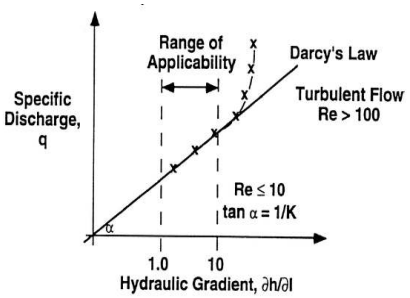


Figura 2: Faixa de aplicação da lei de Darcy.

k<1 mD	Reservatório Pobre
1<k<10 mD	Reservatório Médio
10<k<50 mD	Reservatório Moderado
50<k<250 mD	Reservatório Bom
k>250 mD	Reservatório Muito Bom

Quadro 2: Classificação de reservatórios (Sansone).

Através da simulação apresentada no quadro 01, pode-se analisar teoricamente o comportamento do sistema de elevação artificial para que se possa, assim que montada, comparar os dados deste quadro com os valores obtidos na prática.

Conclusões

Este projeto apresenta detalhes fundamentais para a construção do sistema de elevação artificial gás *lift* que se encontra em fase de desenvolvimento no laboratório de mecânica da UNISANTA. A unidade experimental para elevação de hidrocarboneto é uma nova linha de pesquisa da universidade que surge de forma a contribuir significativamente no estudo da técnica de elevação artificial utilizando o gás *lift* em poços de petróleo. Pretende-se também utilizá-la para o desenvolvimento de interface gráfica em *softwares* de cálculo, como o MatLab, que inicialmente poderá ter os dados imputados pelo operador, mas que, nada impede que sejam adquiridos por sensores de pressão e vazão, desenvolvendo-se um sistema de aquisição e de controle do sistema, com ou sem inteligência embarcada.

Referências

1. Santana, R. G. (s.d.). Otimização da Produção em Campo de Petróleo pelo Estudo do Problema de Localização de Poços e Unidades de Produção.
2. Sansone E C: **Permeabilidade das Rochas.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo- Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.