

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

عنوان :

شبیه سازی فرایند استخراج نفت به روش فراآوری با گاز پیوسته

استاد راهنما:

دکتر ابراهیم حاجی دولو

استاد مشاور:

دکتر رضا باهوش کازرونی

نگارنده :

علیرضا کوزه گری

بهمن ۱۳۹۲

باسمه تعالی

دانشگاه شهید چمران اهواز
دانشکده مهندسی

(نتیجه ارزشیابی پایان نامه ارشد)

پایان نامه آقای علیرضا کوزه‌گری دانشجوی رشته: مهندسی مکانیک گرایش: تبدیل انرژی

دانشکده مهندسی به شماره دانشجویی ۹۰۲۴۸۱۵

با عنوان :

شبیه‌سازی فرایند استخراج نفت به روش فرازآوری با گاز پیوسته

جهت اخذ مدرک : کارشناسی ارشد در تاریخ : ۱۳۹۲/۱۱/۱۳ توسط هیأت داوران مورد ارزشیابی
قرار گرفت و با درجه عالی تصویب گردید.

امضاء	رتبه علمی	اعضای هیأت داوران
	استاد	۱. استاد راهنما: دکتر ابراهیم حاجی‌دولو
	استادیار	استاد مشاور: دکتر رضا باهوش کازرونی
	دانشیار	استاد داور: دکتر مرتضی بهبهانی نژاد
	استادیار	استاد داور: دکتر عزیز عظیمی
	دانشیار	نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر سید سعید اله مرتضوی
	استادیار	۲. مدیر گروه: دکتر علی حاج‌نایب
	استادیار	۳. معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر علی حقیقی
	استاد	۴. مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه: مسعود قربانپور نجف‌آبادی

اهدائنامه

تقدیم به مقدس ترین واژه مادر لغت نامه دلم، مادر مهربانم که زندگی ام را

مدیون مهر و عطوفت آن می دانم. پدرم؛ مهربانی مشفق، بردبار و حامی.

برادرم؛ همراه همیشگی و پشتیبانی زندگی من.

تقدیر و تشکر:

اینجانب بر خود واجب می‌دانم از استاد فرزانه‌ام جناب آقای دکتر ابراهیم حاجی‌دولو سپاس‌گذاری کنم. راهنمایی‌های ارزشمند و مداوم ایشان در طول انجام این این پایان‌نامه راهگشای اینجانب بوده و بی‌شک انجام این پژوهش بدون رهنمایی دلسوزانه‌ی ایشان میسر نبود.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
د.....	فهرست شکل‌ها.....
ز.....	فهرست علامت‌ها و اختصارات.....
س.....	حروف یونانی.....
س.....	اختصارات.....
ش.....	چکیده.....
۱.....	فصل اول.....
۱.....	مقدمه و طرح موضوع.....
۱.....	۱-۱ روش‌های فراآوری مصنوعی.....
۲.....	۱-۱-۱ پمپ‌های درون‌چاهی.....
۳.....	۱-۱-۲ فراآوری با گاز.....
۴.....	۲-۱ فراآوری با گاز.....
۶.....	۳-۱ فراآوری با گاز به روش تناوبی.....
۷.....	۴-۱ فراآوری با گاز پیوسته.....
۸.....	۵-۱ مزایای فراآوری با گاز.....
۹.....	۶-۱ جریان دوفازی.....
۱۰.....	۷-۱ الگوهای جریان دوفازی.....
۱۱.....	۱-۷-۱ جریان دوفازی در لوله‌های عمودی.....
۱۲.....	۲-۷-۱ نمودار الگوی جریان در لوله‌های عمودی.....
۱۳.....	۸-۱ اهمیت و ضرورت انجام این پایان‌نامه.....
۱۳.....	۹-۱ هدف از انجام این پایان‌نامه.....
۱۵.....	فصل دوم.....
۱۵.....	پژوهش‌های پیشین.....

۱۵	پژوهش‌های پیشین انجام‌شده در زمینه جریان دوفاز.....
۱۶	پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه شبیه‌سازی فراآوری با گاز در حالت پایا.....
۱۸	پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه شبیه‌سازی فراآوری با گاز در حالت گذرا.....
۲۰	فصل سوم.....
۲۰	قوانین حاکم بر سیال مخزن و جریان دوفاز.....
۲۰	۱-۳ رفتار فازی سیالات در شرایط مخزن.....
۲۰	۱-۱-۳ منحنی نقطه حباب.....
۲۱	۲-۱-۳ منحنی نقطه شبنم.....
۲۱	۳-۱-۳ مخازن نفتی زیر اشباع.....
۲۲	۴-۱-۳ مخازن نفتی اشباع.....
۲۲	۲-۳ معادلات حاکم بر سیال مخزن.....
۲۲	۱-۲-۳ ضریب تراکم‌پذیری.....
۲۳	۲-۲-۳ فشار نقطه حباب.....
۲۳	۳-۲-۳ نسبت گاز به نفت (GOR).....
۲۴	۴-۲-۳ نسبت گاز محلول به نفت.....
۲۵	۵-۲-۳ ضریب حجمی گاز.....
۲۵	۶-۲-۳ ضریب حجمی نفت.....
۲۶	۷-۲-۳ وزن مخصوص نفت خام.....
۲۶	۸-۲-۳ چگالی گاز.....
۲۶	۹-۲-۳ چگالی نفت.....
۲۷	۱۰-۲-۳ شاخص بهره‌دهی.....
۲۷	۱۱-۲-۳ مدل سیال نفت سیاه و مدل سیال ترکیبی.....
۲۸	۳-۳ عملکرد مخزن.....
۳۰	۴-۳ عملکرد لوله مغزی.....
۳۱	۵-۳ جریان طبیعی.....
۳۳	۶-۳ ضریب اصطکاک در ناحیه حلقوی.....
۳۴	۷-۳ متغیرهای جریان دوفاز.....

۳۴	..... ۱-۷-۳ کسر حجمی
۳۴	..... ۲-۷-۳ سرعت ظاهری
۳۵	..... ۳-۷-۳ سرعت میانگین
۳۵	..... ۴-۷-۳ سرعت واقعی
۳۵	..... ۵-۷-۳ جریان بدون لغزش
۳۶	..... ۶-۷-۳ سرعت لغزشی
۳۶	..... ۷-۷-۳ سرعت رانشی
۳۶	..... ۸-۷-۳ خواص فیزیکی
۳۷	..... ۹-۷-۳ رابطه لغزش (رابطه زوبر و فیندلی)
۳۸	..... ۸-۳ جریان همسو
۳۸	..... ۱-۸-۳ مدل سازی جریان حبابی
۳۹	..... ۲-۸-۳ مدل سازی جریان حبابی پراکنده
۳۹	..... ۳-۸-۳ مدل سازی جریان لخته ای
۴۳	..... ۴-۸-۳ مدل سازی جریان حلقوی
۴۳	..... ۹-۳ جریان غیر همسو
۴۳	..... ۱-۹-۳ جریان حبابی
۴۴	..... ۲-۹-۳ جریان لخته ای
۴۵	..... فصل چهارم
۴۵	..... شبیه سازی جریان پایا در سیستم فراآوری با گاز
۴۵	..... ۱-۴ مقدمه
۴۵	..... ۲-۴ مدل شار رانشی پایا
۴۷	..... ۱-۲-۴ سرعت فازها در مدل شار رانشی پایا
۴۷	..... ۲-۲-۴ الگوریتم حل جریان دوفاز در حالت پایا
۴۹	..... ۳-۴ طراحی سیستم فراآوری با گاز
۵۱	..... ۱-۳-۴ تعیین عمق، دبی مناسب تزریق و دبی تولیدی نفت
۵۷	..... فصل پنجم

مدل‌سازی و شبیه‌سازی جریان گذرا در سیستم فراآوری با گاز.....	۵۷
۱-۵ مقدمه.....	۵۷
۲-۵ فرضیات.....	۵۸
۳-۵ معادلات حاکم.....	۵۸
۱-۳-۵ لوله مغزی.....	۵۹
۲-۳-۵ ناحیه حلقوی.....	۶۰
۴-۵ عملکرد دینامیکی شیرهای فراآوری با گاز.....	۶۲
۱-۴-۵ عملکرد جریان اوریفیس.....	۶۳
۵-۵ شرایط اولیه.....	۶۵
۱-۵-۵ شرط اولیه ۱ (چاه بدون تولید).....	۶۵
۲-۵-۵ شرط اولیه ۲.....	۶۸
۶-۵ اعمال شرایط مرزی در جریان گذرا.....	۶۸
۱-۶-۵ شرایط مرزی در لوله مغزی.....	۶۸
۲-۶-۵ ناحیه حلقوی.....	۷۰
۷-۵ روش حل عددی.....	۷۱
۱-۷-۵ گسسته‌سازی معادلات.....	۷۱
۲-۷-۵ محاسبه بازه زمانی.....	۷۳
۸-۵ الگوریتم حل.....	۷۵
۱-۸-۵ الگوریتم حل جریان.....	۷۶
فصل ششم.....	۷۹
نتایج.....	۷۹
۱-۶ بررسی نتایج حالت پایا.....	۷۹
۱-۱-۶ بررسی دبی گاز تزریقی بر گرادیان فشار در چاه شماره ۱.....	۸۳
۲-۱-۶ تأثیر عمق تزریق بر گرادیان فشار در چاه شماره ۱.....	۸۳
۳-۱-۶ جریان طبیعی چاه بعد از تزریق گاز در چاه شماره ۱.....	۸۴
۴-۱-۶ تأثیر نرخ تزریق گاز بر فشار ته چاهی.....	۸۵
۵-۱-۶ بررسی قطر لوله بر گرادیان فشار.....	۸۵
۶-۱-۶ رژیم جریان در چاه.....	۸۶

۸۸	۲-۶ بررسی نتایج حالت گذرا.....
۸۸	۱-۲-۶ شرط اولیه ۱.....
۹۷	۲-۲-۶ شرط اولیه ۲.....
۱۰۱	فصل هفتم.....
۱۰۱	نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....
۱۰۱	۱-۷ نتیجه‌گیری.....
۱۰۲	۲-۷ پیشنهادات.....
۱۰۳	مراجع.....
۱۰۷	پیوست الف.....
۱۰۷	تغییرات فشار در ناحیه حلقوی.....
۱۰۹	پیوست ب.....
۱۰۹	معرفی نرم‌افزارهای OLGA و Pipesim
۱۰۹	ب-۱ معرفی نرم‌افزار OLGA
۱۱۰	ب-۲ معرفی نرم‌افزار Pipesim
۱۱۲	پیوست ج.....
۱۱۲	پارمتر لغزش و سرعت رانشی گاز.....
۱۱۷	پیوست د.....
۱۱۷	شبیه‌سازی سیستم فراآوری با گاز توسط نرم‌افزار OLGA 7

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲: نمایی از سیستم فرازآوری با گاز..... ۶
- شکل ۱-۴: اثر گاز در عملیات فرازآوری با گاز [۲]..... ۸
- شکل ۱-۵: الگوهای جریان در لوله‌های عمودی: الف-جریان حبایی، ب-جریان لخته‌ای، پ-جریان درهم آمیخته، ت-جریان حلقوی [۳]..... ۱۲
- شکل ۱-۶: نقشه الگوی جریان در لوله‌های عمودی [۳]..... ۱۲
- شکل ۳-۱: نمودار فشار-دما برای سیال مخزن [۲۷]..... ۲۱
- شکل ۳-۲: تغییرات نسبت گاز محلول در نفت با فشار [۲۷]..... ۲۴
- شکل ۳-۳: منحنی ووگل [۳۰]..... ۲۹
- شکل ۳-۴: منحنی عملکرد لوله مغزی برای جریان دوفاز..... ۳۰
- شکل ۳-۵: منحنی عملکرد لوله مغزی برای جریان تک‌فاز [۴۹]..... ۳۱
- شکل ۳-۶: جریان طبیعی..... ۳۲
- شکل ۳-۷: شماتیک جریان لخته‌ای درون لوله‌ی عمودی [۳۸]..... ۴۰
- شکل ۴-۱: الگوریتم حل جریان دوفاز در حالت پایا..... ۴۸
- شکل ۴-۲: جریان طبیعی در چاه شماره ۱..... ۵۰
- شکل ۴-۳: تعیین عمق تزریق در سیستم فرازآوری با گاز [۲۰]..... ۵۱
- شکل ۴-۳: محاسبه عمق، دبی تزریق گاز و دبی خروجی نفت..... ۵۴
- شکل ۴-۴: دبی نفت تولیدی نسبت به دبی گاز تزریقی در فشار ۱۳۰۰ psia..... ۵۶
- شکل ۵-۱: نمودار عملکرد دینامیکی شیر فرازآوری..... ۶۲
- شکل ۵-۲: نحوه عملکرد شیرهای فرازآوری..... ۶۴
- شکل ۵-۳: شرایط اولیه..... ۶۵
- شکل ۵-۴: فرایند تخلیه چاه در فاز I..... ۶۶
- شکل ۵-۵: فرایند تخلیه چاه در فاز II..... ۶۷
- شکل ۵-۶: سرعت مایع در لوله مغزی در دو ناحیه A و B..... ۶۷
- شکل ۵-۷: گسسته‌سازی نسبت به زمان و مکان..... ۷۲
- شکل ۵-۸: متغیرهای مهم در تخلیه چاه..... ۷۶
- شکل ۵-۹: الگوریتم محاسبه H_i ، P_{4i} و Q_{Li} ۷۷
- شکل ۶-۱: تغییرات فشار در چاه..... ۸۰

- شکل ۵-۲: کسر حجمی فاز مایع..... ۸۱
- شکل ۶-۳: سرعت فاز گاز..... ۸۲
- شکل ۶-۴: سرعت فاز مایع..... ۸۲
- شکل ۶-۵: تأثیر تزریق گاز بر گرادیان فشار در عمق $7069/8$ ft و دبی تولید 1714 stb/d..... ۸۴
- شکل ۶-۶: تأثیر عمق تزریق بر گرادیان فشار در دبی تزریق گاز 1300 mscf/d و دبی نفت 1714 stb/d..... ۸۴
- شکل ۶-۷: جریان طبیعی چاه بعد از تزریق گاز..... ۸۵
- شکل ۶-۸: تأثیر نرخ تزریق گاز بر فشار ته چاهی در دبی تولیدی 1714 stb/d و عمق تزریق $7069/8$ ft..... ۸۶
- شکل ۶-۹: تأثیر قطر لوله بر دبی تولیدی چاه..... ۸۶
- شکل ۶-۱۰: رژیم‌های جریان در چاه قبل از تزریق گاز..... ۸۷
- شکل ۶-۱۱: رژیم‌های جریان در چاه بعد از تزریق گاز..... ۸۸
- شکل ۶-۱۲: مراحل تخلیه چاه در فاز I..... ۹۰
- شکل ۶-۱۳: مراحل تخلیه چاه در فاز II..... ۹۰
- شکل ۶-۱۴: اعتبارسنجی نتایج شبیه‌سازی در حالت گذرا در شرط اولیه ۱..... ۹۱
- شکل ۶-۱۵: خطای نسبی و خطای میانگین فشار ته چاه برای نتایج شبیه‌سازی و OLGA..... ۹۲
- شکل ۶-۱۶: دبی مایع عبوری از شیر فرازآوری نسبت به زمان در شرط اولیه ۱..... ۹۳
- شکل ۶-۱۷: دبی خروجی مایع از چاه نسبت به زمان در شرط اولیه ۱..... ۹۴
- شکل ۶-۱۸: فشار در لوله مغزی در زمان‌های مختلف در شرط اولیه ۱..... ۹۴
- شکل ۶-۱۹: کسر حجمی مایع در زمان‌های مختلف در شرط اولیه ۱..... ۹۵
- شکل ۶-۲۰: تغییرات فشار ته چاه نسبت به زمان در عمق نصب شیر $2125/44$ ft در شرط اولیه ۱..... ۹۶
- شکل ۶-۲۱: تغییرات فشار ته چاه نسبت به زمان در عمق نصب شیر $3542/4$ ft در شرط اولیه ۱..... ۹۶
- شکل ۶-۲۲: تغییرات فشار ته چاه نسبت به زمان در شرایط اولیه ۲..... ۹۸
- شکل ۶-۲۳: خطای نسبی و خطای میانگین فشار ته چاه برای نتایج شبیه‌سازی و OLGA..... ۹۹
- شکل ۶-۲۴: دبی خروجی نفت از چاه نسبت به زمان در شرط اولیه ۲..... ۹۹
- شکل ۶-۲۵: کسر حجمی مایع در چاه؛ قبل و بعد از تزریق گاز در شرط اولیه ۲..... ۱۰۰

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۴: داده‌های چاه ۱	۵۰
جدول ۲-۴: دبی نفت تولیدی با توجه به عمق و دبی گاز تزریقی در فشار ۱۳۰۰ psia	۵۵
جدول ۱-۶: مشخصات چاه ۲ [۲۲]	۸۰
جدول ۳-۶: مشخصات چاه ۳	۸۹
جدول ۴-۶: مقایسه نتایج شبیه‌سازی	۹۱
جدول ۵-۶: مقایسه نتایج شبیه‌سازی برای نصب شیر در عمق‌های متفاوت	۹۷
جدول ۶-۶: مشخصات ناحیه حلقوی در چاه ۱	۹۷

فهرست علامتها و اختصارات

حروف انگلیسی

سطح مقطع لوله	A_p
سطح مقطع ناحیه حلقوی	A_{an}
ضریب حجمی گاز	B_g
ضریب حجمی نفت	B_o
پارامتر توزیع	C_0
قطر لوله	D
ضریب اصطکاک جریان دوفاز	F_p
کسر حجمی مایع	H_L
عمق چاه	H
کسر حجمی گاز	H_G
ارتفاع مایع در لوله مغزی در شرایط اولیه	H_t
ارتفاع مایع در ناحیه حلقوی در شرایط اولیه	H_{ct}
فشار کاهیده	P_{pr}
فشار شبه بحرانی	P_{pc}
فشار حباب	P_b
نسبت گاز محلول در نفت	R_s
شاخص بهره‌دهی	PI
فشار مخزن	P_R
فشار ته چاهی	P_{wf}
فشار بالادست شیر فرازآوری	P_{3i}
فشار پایین‌دست شیر فرازآوری	P_{4i}
دبی نفت تولیدی	q_o
دبی حجمی گاز عبوری از چوک	Q_{gs}
دبی حجمی گاز عبوری از شیر فرازآوری	Q_{gi}
دبی حجمی مایع عبوری از شیر فرازآوری	Q_{Li}
سرعت ظاهری مایع	V_{SL}
سرعت ظاهری گاز	V_{SG}
سرعت میانگین	V_m
سرعت واقعی مایع	V_L
سرعت واقعی گاز	V_G
سرعت رانشی گاز	V_d

سرعت بالاروندگی حباب گاز	V_{inf}
سرعت گاز در حباب تیلور	V_{GTB}
سرعت حباب تیلور	V_{TB}
سرعت مایع در لخته مایع	V_{LLS}
سرعت گاز در لخته مایع	V_{GLS}
سرعت مایع در حباب تیلور	V_{LTB}
طول سلول محاسباتی	Δx
بازه زمانی	Δt

حروف یونانی

چگالی نسبی نفت	γ_o
چگالی نسبی گاز	γ_g
چگالی نفت	ρ_o
چگالی گاز	ρ_g
چگالی مخلوط دوفاز	ρ_m
کسر حجمی بدون لغزش	λ_L
نسبت طول حباب تیلور به لخته مایع	β
زبری	ε
کشش سطحی بین دو فاز	σ
گرانروی مخلوط دوفاز	μ_m
تابع لغزش	ϕ

اختصارات

Tubing Performance Relationship	TPR
Inflow Performance Relationship	IPR
Two Fluid Model	TFM
Drift Flux Model	DFM
Injection Pressure Operated	IPO
Production Pressure Operated	PPO
Courant-Friedrichs-Lewy	CFL
Bottom Hole Pressure	BHP
Absolute Open Flow	AOF
Barrel Per Day	bbbl/d
Standard Cubic Foot	SCF
Stock Tank Barrel	STB

چکیده

شماره دانشجویی: ۹۰۲۴۸۱۵	نام: علیرضا	نام خانوادگی: کوزه‌گری
عنوان پایان‌نامه: شبیه‌سازی فرایند استخراج نفت به روش فراآوری با گاز پیوسته		
استاد راهنما: دکتر ابراهیم حاجی‌دولو		
استاد مشاور: دکتر رضا باهوش کازرونی		
گرایش: تبدیل انرژی	رشته: مهندسی مکانیک	درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد
گروه: مکانیک	دانشکده: مهندسی	دانشگاه: شهید چمران اهواز
تعداد صفحه: ۱۲۰		تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۹۲/۱۱/۱۳
کلید واژه‌ها: فراآوری با گاز، جریان دوفاز، مدل شار رانشی، فشار ته چاه		
<p>فراآوری با گاز یکی از پرکاربردترین روش‌های فراآوری مصنوعی است که در آن با تزریق گاز به لوله بهره‌برداری چگالی مخلوط دو فاز گاز و نفت کاهش یافته و در نتیجه به ازای فشار معین ته چاه، می‌توان به نرخ تولید بیشتری دست یافت. در بخش اول این پایان‌نامه پس از بررسی ضرورت بکارگیری سیستم فراآوری با گاز در چاه، جریان دوفاز در حالت پایا به روش شار رانشی شبیه‌سازی شده و عمق تزریق و دبی تزریق گاز تعیین می‌شود. سپس نتایج شبیه‌سازی با داده‌های میدانی و نرم‌افزار pipesim مقایسه شده است که مقایسه با داده‌های واقعی نشان می‌دهد که مدل‌سازی جریان پایا از دقت مناسبی برخوردار است. طبق نتایج حالت پایا همیشه با تزریق گاز در عمق بیشتر، فشار ته چاهی کاهش و در نتیجه دبی خروجی افزایش می‌یابد. ولی افزایش دبی تزریق گاز به دلیل افزایش افت فشار اصطکاکی همیشه باعث افزایش دبی خروجی نفت نمی‌شود. در بخش دوم به مدل‌سازی و شبیه‌سازی جریان دوفاز تشکیل‌شده در حالت گذرا در سیستم فراآوری با گاز با دو شرط اولیه متفاوت پرداخته می‌شود. این دو شرط اولیه عبارتند از چاه بدون تولید و چاه همراه با تولید. از مدل شار رانشی برای شبیه‌سازی جریان گذرا استفاده شده است. طبق نتایج بدست آمده برای چاه بدون تولید، با تزریق گاز به چاه و انجام فرایند تخلیه، دبی خروجی چاه به 1436 bbl/d می‌رسد که برای چاه‌های کم‌فشار مقدار قابل توجهی محسوب می‌شود. برای چاه‌های همراه با تولید، با بکارگیری سیستم فراآوری با گاز دبی خروجی نفت 220% افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی با نرم‌افزار OLGA و داده‌های سایر مقالات مقایسه می‌شود. این مقایسه نشان می‌دهد که شبیه‌سازی انجام‌شده به خوبی فشار ته چاهی و زمان پایداری را پیش‌بینی می‌کند. نتایج در حالت گذرا نشان می‌دهد که اگرچه با افزایش عمق تزریق دبی خروجی افزایش می‌یابد اما مدت زمان رسیدن به شرایط پایداری نیز افزایش خواهد یافت.</p>		

فصل اول

مقدمه و طرح موضوع

با توجه به نیاز روزافزون به انرژی، به دلیل توسعه صنایع و افزایش جمعیت و از طرف دیگر محدود بودن ذخایر نفت و گاز و نیز غنی بودن کشورمان از این ذخایر که منبع اصلی درآمد کشور محسوب می‌گردد، لزوم استفاده بهینه از این منابع جدی‌تر به نظر می‌رسد. بدیهی است که در آینده به دلیل کاهش فشار مخازن، تولید نفت با جریان طبیعی چاه‌ها اقتصادی نخواهد بود. بنابراین باید با استفاده از روش‌های علمی و جدید مکانیزم‌هایی بکار گرفت که باعث افزایش تولید شوند.

در میدان‌های نفتی، در ابتدا بیشتر چاه‌ها به صورت طبیعی با نرخ مناسب تولید می‌کنند. در این میدان‌ها، فشار مخزن انرژی لازم برای انتقال سیال به سطح زمین را فراهم می‌کند. با گذشت زمان و تولید از مخزن، انرژی مخزن کاهش می‌یابد و مخزن توانایی تولید نفت با نرخ مناسب را ندارد. در این صورت باید انرژی مورد نظر توسط یکی از روش‌های فراآوری مصنوعی^۱ تأمین گردد.

۱-۱ روش‌های فراآوری مصنوعی

روش‌های فراآوری مصنوعی به دو دسته زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- پمپ‌های درون‌چاهی^۲

۲- فراآوری با گاز^۳

^۱ Artificial Lift

^۲ Downhole Pumping

^۳ Gas Lift

در روش اول پمپ در ته چاه نصب می‌گردد و سیال درون ستون چاه را به سطح زمین پمپ می‌کند و در روش دوم، گاز پرفشار در عمق خاصی به درون ستون چاه تزریق می‌گردد. هر دو روش، پس فشار^۱ ایجادشده توسط ستون سیال در ته چاه را کاهش می‌دهند و باعث جریان یافتن سیال درون ستون چاه می‌شوند.

۱-۱-۱ پمپ‌های درون‌چاهی

پمپ‌های درون‌چاهی به سه نوع زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

(۱) پمپ میله‌ای^۲: همانطوری که از نام آن مشخص است در این روش از یک میله فولادی استفاده می‌شود که توسط وسایل سرچاهی حرکت رفت و برگشتی ایجاد می‌کند. میله به پمپ درون چاه متصل است که یک پمپ پیستونی رفت و برگشتی می‌باشد و حرکت رفت و برگشتی پمپ باعث جریان یافتن سیال درون چاه به سطح زمین می‌گردد. از این روش بیشتر در موارد زیر استفاده می‌شود:

- دبی نفت تولیدی متوسط یا کم باشد.
- شاخص بهره‌دهی چاه پایین باشد.
- فشار ته چاه پایین باشد.
- گاز محلول در نفت کم باشد.

(۲) پمپ درون‌چاهی الکتریکی^۳: شامل یک موتور الکتریکی درون‌چاهی است که باعث انتقال نیرو به یک پمپ گریز از مرکز می‌شود. این روش بیشتر در چاه‌هایی استفاده می‌شود که مشخصات زیر را داشته باشند:

- دبی تولیدی زیاد باشد.
- شاخص بهره‌دهی بالا باشد.

¹ Back Pressure

² Rod Pump

³ Submersible Electric Pump

- فشار ته چاه پایین باشد.
 - نسبت گاز به نفت چاه کم باشد.
- ۳) پمپ‌های درون‌چاهی هیدرولیکی^۱: در این روش از یک سیال هیدرولیکی جهت انتقال نیرو به پمپ رفت و برگشتی درون‌چاهی استفاده می‌شود. این روش بیشتر در چاه‌هایی استفاده می‌شود که مشخصات زیر را داشته باشند:

- دبی تولیدی زیاد باشد.
- شاخص بهره‌دهی بالا باشد.
- فشار ته چاه پایین باشد.
- نسبت گاز به نفت چاه کم باشد.

۱-۱-۲ فرازآوری با گاز

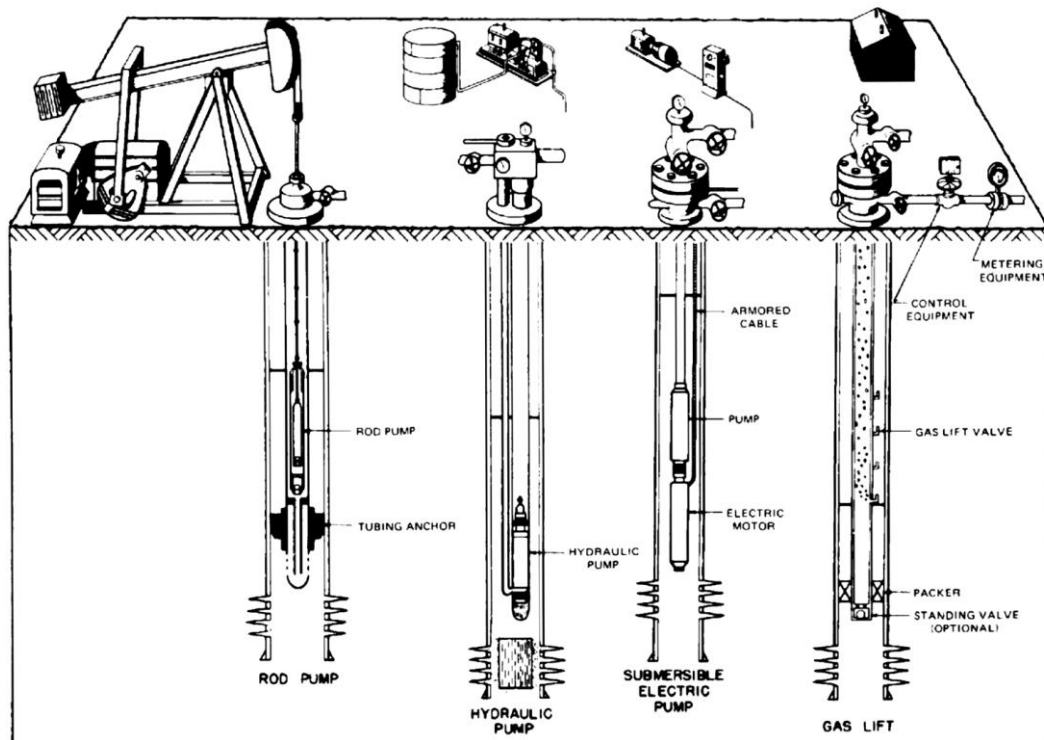
روشی برای بالا آوردن سیال موجود در چاه توسط تزریق گاز پرفشار درون ستون چاه می‌باشد. فرازآوری با گاز تقریباً برای تمام چاه‌ها مناسب است. اما بیشتر در چاه‌هایی که دارای شرایط زیر می‌باشند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- دبی تولیدی زیاد باشد.
- گاز محلول در نفت زیاد باشد.
- فشار تولیدی ته چاه نسبتاً بالا باشد.

شکل (۱-۱) انواع روش‌های فرازآوری مصنوعی را نشان می‌دهد. هدف از فرازآوری مصنوعی کاهش فشار جریان ته چاه است. با کاهش فشار جریانی ته چاهی طبق نمودار IPR^۲، نرخ ورود سیال به چاه افزایش می‌یابد. رسیدن به فشار ته چاهی مورد نظر مبنای طراحی هر سیستم فرازآوری مصنوعی است.

^۱ Subsurface Hydrolic Pump

^۲ Inflow Performance Relation



شکل ۱-۱: روش‌های مختلف فراآوری مصنوعی

۲-۱ فراآوری با گاز

برای اولین بار در سال ۱۷۸۲ از سیستم فراآوری با هوا برای خارج کردن آب از یک معدن مورد استفاده قرار گرفت. در اوایل ۱۸۶۴ هوا در صنعت نفت بکار گرفته شد تا آب همراه با نفت را در چاه‌های کم عمق واقع در استان ونانگو^۱ پنسیلوانیای آمریکا به سطح منتقل کند. استفاده از روش فراآوری با هوا برای هیدروکربن‌ها چندین مشکل اساسی داشت که عبارت بود از:

- ۱- اکسیژن موجود در هوا خورنده بود و سبب خوردگی تجهیزات زیرسطحی می‌شد.
- ۲- مخلوط هوا و گاز طبیعی انفجاری بود.
- ۳- زمانی که هوا با گاز مخلوط می‌شد، ارزش گرمایی گاز کاهش می‌یافت و اغلب غیرقابل فروش می‌شد.

^۱ Venango