УДК 622.331

Н.С.ГУБАРЬ, *студент, 8-904-643-90-55*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

N.S.GUBAR, *student, 8-904-643-90-55*
Saint Petersburg State Mining University

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗАБОЙНОГО ЭЛЕКТРОПАРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ ПЛАСТОВ С ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТЬЮ

Приведена схема экспериментальной установки скважинного электропарогенератора, расчет основных физических и электрических параметров установки, основные формулы и расчет параметров по ним.

Ключевые слова: тяжелая нефть, высоковязкая нефть, термические методы, призабойная зона скважины, электропарогенератор, динамически уравновешенный буровой снаряд.

DETERMINATION BASIC PARAMETERS BACKWALL ELECTRO-PAROGENERATORA FOR THERMAL INFLUENCES ON PRIZABOYNUYU AREA LAYERS WITHVVN

A scheme of the experimental apparatus downhole electro-parogeneratora, the calculation of the basic physical and electrical parameters of the installation, basic formulas and calculation of parameters for them.

Key words: heavy oil, vysokovyazkaya oil, thermal influences, prizaboynuyu area layers mining hole, electro-parogeneratora, dynamically balanced boring shell.

Мировые запасы нефти составляют около 140 млрд т, запасы нефти в нашей стране около 6,6 млрд т, или 5 % от мировых запасов. Объем добычи нефти в России составил в 2008 г. 426 млн т, или 11 % от мирового уровня добычи, из них экспортировано 198 млн т.

Добываемую нефть условно разделяют на легкую (плотность менее 900 кг/м^3) и тяжелую высоковязкую (900 кг/м^3 и более). Для добычи запасов высоковязких нефтей требуются повышенные затраты финансовых, материальных и трудовых ресурсов, нетрадиционные технологии, специальное нерийное оборудование и дефицитные реагенты и материалы. По экономическим критериям эффективности разработки трудноизвлекаемые запасы нефтей занимают промежуточное положение между забалансовыми (нерентабельными при существующих экономических условиях, технике и технологии добычи нефти) и извлекаемыми запасами нефти, разработка которых может быть осуществлена рентабельно в современных условиях. Разведанные запасы такого сырья достигают более 700 млрд т.

Трудноизвлекаемые запасы нефтей играют сдерживающую роль при вводе месторождений в разработку с учетом геологических и технологических причин, а также из-за экономических факторов. Как следствие, объем накопленной добычи за счет активных запасов в 7,1 раза превышает объем добытой нефти из трудноизвлекаемых запасов [2].

Таким образом, основной причиной, ограничивающей рост добычи нефти в России, является не физическое истощение

недр, а значительное усложнение природных условий поисков, разведки и разработки месторождений. Поэтому проблема нефтеотдачи – коренное повышение полноты использования пластовых запасов нефти – еще не решена. Разработкой и внедрением методов повышения нефтеотдачи (МПН) пластов активно занимаются все нефтедобывающие страны, так как увеличение нефтеотдачи на эксплуатируемых месторождениях равносильно открытию новых. Учитывая, что МПН реализуются в регионах с развитой инфраструктурой, эффективность от их внедрения существенно выше по сравнению с поисками и разведкой новых месторождений, особенно в районах Восточной Сибири и Крайнего Севера.

В нашей стране месторождения нефти высокой вязкости представляют значительный резерв для наращивания объемов добычи. Например, в Республике Коми около 44 % запасов нефти характеризуются плотностью более 0,9 [2].

Указанные обстоятельства определяют актуальность и необходимость проведения крупномасштабных научно-исследовательских и опытно-промысловых работ по поиску и внедрению новых МПН пластов с высоковязкими нефтями. Одним из способов решения проблемы освоения мелких месторождений и месторождений с трудноизвлекаемыми запасами является разработка забойных теплогенераторов. В Санкт-Петербургском горном университете разработаны электротермические комплексы (см.рисунок) мощностью более 1000 кВт для термического воздействия на пласты высоковязких нефтей [1, 3-5]. В состав этих комплексов в качестве органа воздействия на пласт входят скважинный электродный нагреватель (СЭН) или скважинный прямоточный электропарогенератор (ЭПГ) [5].

В качестве примера определения основных параметров принят забойный ЭПГ, входящий в состав электротермического участка для одновременной термообработки шести скважин. Для электроснабжения этого участка использован силовой трансформатор 35/6 кВ мощностью $S_н = 16$ МВ·А. Мощность каждого ЭПГ принята $S_{нт} = 2$ МВт. Коэффициент загрузки трансформатора $K_з = 0{,}75$.

Исходные данные для расчета:

• тип погружной кабельной линии – КППБК 3×16;

• напряжение питания ЭПГ – 6 кВ;

• глубина установки ЭПГ – 1100 м;

• наружный диаметр ЭПГ – 127 мм;

• давление нагнетания пара в пласт – 12 МПа;

• схема питания – «фаза» – три жилы кабеля параллельно – ЭПГ – НКТ, обсадная труба – нейтраль»;

• мощность продуктивного пласта – 20 м;

• сухость пара на выходе ЭПГ – $x = 0{,}8$;

• удельное сопротивление котловой воды при температуре кипения под давлением 12 МПа – $\rho = 500$ Ом·см;

• температура воды на входе в ЭПГ в установившемся режиме – $t = 50$ °С;

• энергия воды на входе в ЭПГ – $W_н = 200$ кДж/кг;

• энергия воды при температуре кипения $t_к = 326$ °С и давлении $P_{пл} = 12$ МПа – $W_п = 1501$ кДж/кг;

• энергия парообразования при $P = 12$ МПа – $W_п = 2680$ кДж/кг.

Приведем методику расчета параметров электропарогенератора [4]:

1. Ток погружной кабельной линии в номинальном режиме,

$$I_н = \frac{P_н}{U_н}.$$

2. Доля потребляемой энергии на нагрев воды от температуры на входе в ЭПГ до температуры кипения

$$k_к = \frac{W_к}{W_п}.$$

3. Доля энергии, расходуемой на парообразование,

$$k_п = 1 - k_к.$$

4. Мощность на интервале I нагрева воды до температуры кипения

$$P_к = k_к P_н.$$

5. Мощность на интервале II парообразования

$$P_{\text{п}} = k_{\text{п}} P_{\text{н}}.$$

6. Часовая производительность ЭПГ при сухости пара $x = 1$ и номинальной мощности ЭПГ 2000 кВт

$$Q = P_{\text{н}} \frac{3600}{W_{\text{к}} + r}.$$

7. Принимая межэлектродное расстояние $l_{\text{э}}$= 100 мм (по рекомендации для промышленных электродов) и мощность на этом участке при температуре кипения 100 °С P = 90 кВт, площадь электродов

$$S_{\text{э}} = \frac{l_{\text{э}} \rho}{R_0},$$

где R_0 – сопротивление межэлектродного интервала, $R_0 = U_{\text{н}}^2 / P_{\text{э}}$

8. Внутренний диаметр ЭПГ определяем по формуле

$$D_{\text{в}} = D - 2(\delta_1 + \delta_2).$$

Для расчета толщина стенки корпуса ЭПГ δ_1 = 5 мм, толщина керамической изоляции корпуса δ_2 = 11 мм.

Площадь проточной части ЭПГ

$$S = \frac{\pi(D_{\text{вн}}^2 - d_{\text{т}_{\text{тв}}}^2)}{4}.$$

При расчете использовались следующие размеры: внутренний диаметр токовода $d_{\text{тв}}$ = 20 мм, толщина керамической изоляции токовода δ_3 = 7 мм, диаметр токовода в изоляции $d_{\text{т}}$ = 40 мм.

9. Плотность тока на электродах интервала II

$$j = \frac{I_{\text{н}}}{S_{\text{э}}} = \frac{U_{\text{н}}}{R_0 S_{\text{э}}}.$$

10. Для получения результата первого приближения среднее удельное сопротивление интервала I $\rho_{\text{ср}}$ = 1000 Ом·см, а $S_{\text{э}}$ = 30 см^2.

Среднее сопротивление межэлектродного промежутка

$$R_{\text{ср}_1} = \rho_{\text{ср}} \frac{l_э}{S_э}.$$

11. Средняя мощность межэлектродного промежутка на интервале I

$$P_{\text{ср.э}} = \frac{U_н^2}{R_{\text{срI}}}.$$

12. Число межэлектродных промежутков на интервале I

$$n = \frac{P_к}{P_{\text{ср.э}}}.$$

13. Коэффициент сужения сечения

$$k = \frac{1}{\frac{P_0}{Q'r} + 1},$$

где Q' – объемный расход воды при 12 МПа.

14. Число межэлектродных промежутков на интервале II

$$n = \frac{\ln N}{\ln k},$$

где $N = 1 - \frac{P_п(1-k)}{P_0 k}$.

По результатам расчетов получены следующие основные параметры: $I_н = 333$А; $k_к = 0{,}56$; $k_п = 0{,}44$; $P_к = 1120$ кВт; $P_п = 880$ кВт; $Q = 2{,}7$ м^3/ч; $S_э = 12{,}5$ см^2; $D_в = 95$ мм; $j = 1{,}2$ А/см^2; $R_{\text{ср}1} = 333$ Ом; $P_{\text{ср.э}} = 108$ кВт; $n_I = 9{,}6$ шт; $k = 0{,}92$; $n_{II} = 12$ шт; $n_{\text{общ}} = 22$ шт.

Таким образом, по результатам проведенных расчетов получена возможность конструирования забойного электропарогенератора для термического воздействия на призабойную зону пластов с высоковязкой нефтью с наружным диаметром 127 мм. Общая длина установки по результатам расчетов будет составлять около 4 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Батаев С.Н.* Электротехнические комплексы на основе забойных тепло- и парогенераторов для термических воздействий на нефтяные пласты. СПГТИ. СПб, 2005.

2. Добыча тяжелых и высоковязких нефтей / И.М.Аметов, Ю.Н.Байдиков, Л.И.Рузин, Ю.А.Спиридонов. М., 1995.

3. *Загривный Э.А.* Скважинный электродный парогенератор для термических методов нефтедобычи / Э.А.Загривный, С.Н.Батаев // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. СПб, 2005.

4. *Загривный Э.А.* Электротермический комплекс на основе скважинного электродного нагревателя мощностью более 500 кВт для теплового воздействия на продуктивный пласт высоковязкой нефти / Э.А.Загривный, А.Е.Козярук, С.Н.Батаев // Электротехника. 2003. № 5.

5. Пат. № 2282018, РФ МПК E21B36/04. Устройство для тепловой обработки призабойной зоны скважины / В.С.Литвиненко, Э.А.Загривный, А.Е.Козярук, Г.Н.Соловьев. Опубл. 20.08.2006. Бюл. № 23.

REFERENCES

1. *Bataev S.N.* Electrical engineerings complexes on basis backwall warmly- and parogenerators for thermal influences on oil layers. Saint Petersburg State Mining University, 2005.

2. *Ametov I.M., Baydikov U.N., Ruzin L.I., Spiridonov U.A.* Booty of heavy and vysokovyazkikh oils. Moscow, 1995.

3. *Zagrivniy E.A.* Downhole electrode parogenerator for thermal influences oil production / E.A.Zagrivniy, S.N.Bataev // Equipment and technologies for a oilgazes complex. Saint Petersburg, 2005.

4. *Zagrivniy E.A.* Electro-thermal complex on basis downhole electrode heater by power more 500 kW for thermal influences on productive layer to vysokovyazkoy oil / E.A.Zagrivniy, A.E.Kozyaruk, S.N.Bataev // Electrotechnika. 2003. N 5.

5. Pat. №2282018, RF MPK E21B36/04. Device for thermal treatment of prizaboynoy area of mining hole / V.S.Litvinenko, E.A.Zagrivniy, A.E.Kozyaruk, G.N.Solov'ev. Publ.20.08.2006. Bul. N 23.

Научный руководитель д-р техн. наук, профессор *Э.А.Загривный*