УДК 622.245.545

Э.А.ЗАГРИВНЫЙ, В.В.РУДАКОВ, С.Н.БАТАЕВ

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ МЕТОДОВ ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

Описаны схема, принцип действия, параметры скважинного электротермического комплекса. Приведены результаты технико-экономического расчета, а также обозначена область его применения.

Draft, operating principle, parametrs of the borehole electro thermal complex are described in this article. Results of technical-economic calculating are introduced and the application field is marked.

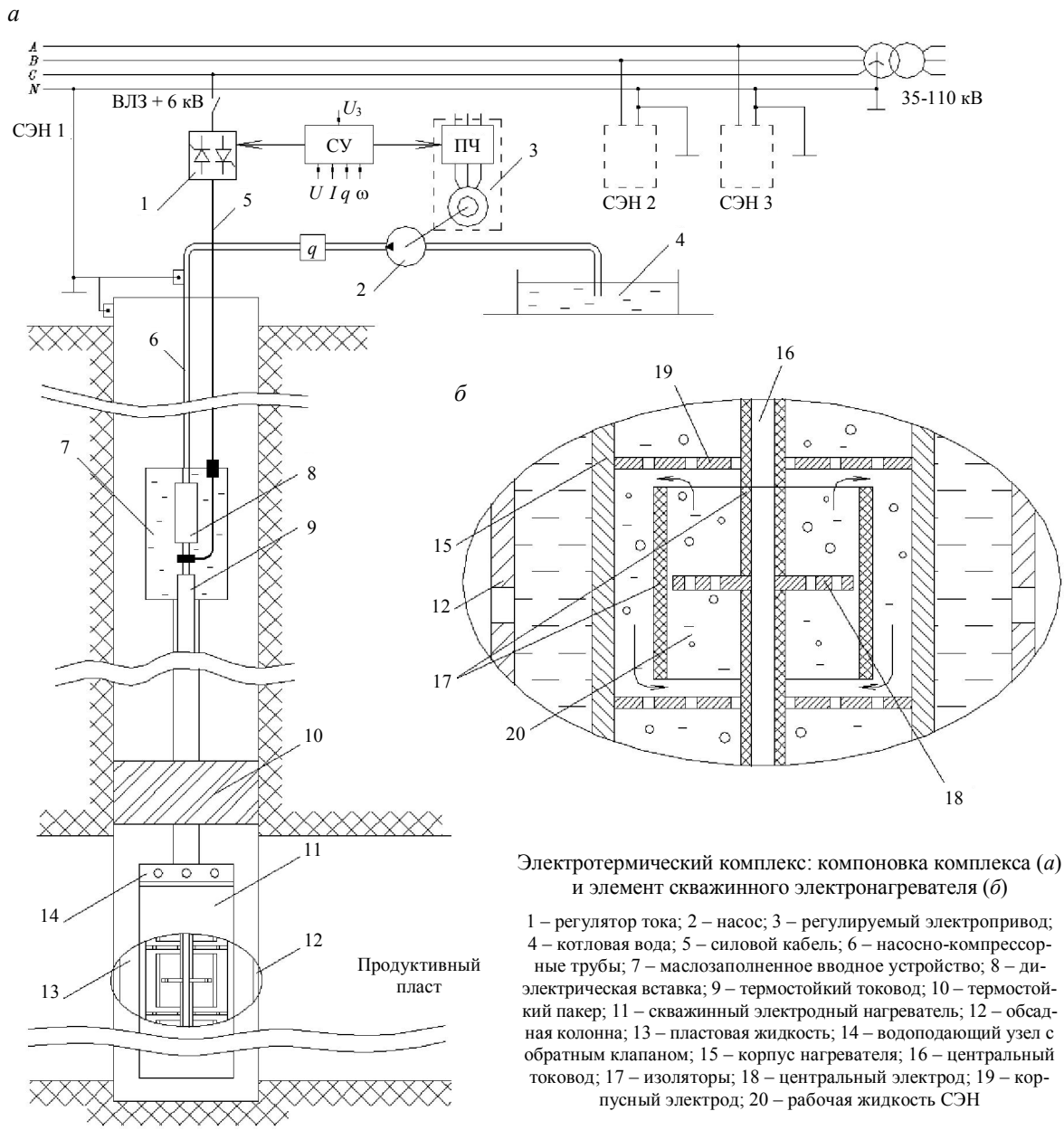
В Санкт-Петербургском государственном горном институте на кафедре электротехники и электромеханики разработан скважинный электродный нагреватель (СЭН) [3], на основе которого совместно с кафедрой техники и технологии бурения скважин спроектирован электротермический комплекс для теплового воздействия на продуктивные пласты (см. рисунок). Комплекс работает следующим образом.

При подаче напряжения ток через тиристорный регулятор 1 потечет по бронированному кабелю 5 через вводное устройство 7 и далее по трубчатому изолированному тоководу на центральный токовод 16 СЭН. От центрального токовода ток через перфорированные электроды 18 потечет через токопроводящую жидкость 20 к корпусным электродам 19, выделяя требуемую мощность.

Комплекс позволяет выполнять технологические операции по паротепловому воздействию (ПТВ), импульсно-дозированному тепловому воздействию (ИДТВ) и термогидродинамическому воздействию. Для этого в состав комплекса включены: насос 2 с регулируемым электроприводом 3, емкость с котловой водой 4, насосно-компрессорные трубы (НКТ) 6, по которым котловая вода через диэлектрическую вставку 8 и водоподающий узел с обратным клапаном 14 поступает в изолированный интервал скважины с пластовой жидкостью 13. Автоматическое поддержание заданных технологических параметров (напряжение U, ток I, расход котловой воды q, частота вращения насоса ω) обеспечивается системой управления (СУ).

Режим ПТВ реализуется при заданных часовых расходах тепловой энергии и котловой воды, которые обеспечивают определенное количество пара в зоне продуктивного пласта с сухостью, зависящей от соотношения часовых количеств энергии и воды. Режим ИДТВ обеспечивается чередующимися импульсами ПТВ и подачей котловой воды с увеличенными часовыми расходами, чем достигается ускоренное продвижение теплового фронта и снижение паронефтяного фактора (ПНФ) [6].

Термогидродинамическое воздействие на призабойную зону скважин вплоть до гидроразрыва пласта основано на быстром нагреве жидкости в изолированном интервале скважины на уровне продуктивного пласта с удельной мощностью 3-9 МВт/м^3. Скважинный электродный нагреватель обеспечивает восстановление гидравличе-



Электротермический комплекс: компоновка комплекса (*а*) и элемент скважинного электронагревателя (*б*)

1 – регулятор тока; 2 – насос; 3 – регулируемый электропривод; 4 – котловая вода; 5 – силовой кабель; 6 – насосно-компрессорные трубы; 7 – маслозаполненное вводное устройство; 8 – диэлектрическая вставка; 9 – термостойкий токовод; 10 – термостойкий пакер; 11 – скважинный электродный нагреватель; 12 – обсадная колонна; 13 – пластовая жидкость; 14 – водоподающий узел с обратным клапаном; 15 – корпус нагревателя; 16 – центральный токовод; 17 – изоляторы; 18 – центральный электрод; 19 – корпусный электрод; 20 – рабочая жидкость СЭН

ской связи пласта со скважиной, увеличение нефтеотдачи пластов с высоковязкой нефтью и дебита скважин, а также возобновление эксплуатации нерентабельных скважин на нефть, природный газ, на пресные, минеральные и термальные воды [4].

Конструкция рассматриваемого СЭН позволяет реализовывать мощности свыше 1000 кВт и в настоящее время ограничивается пропускной способностью погружных кабельных линий, используемых для питания центробежных нефтяных насосов. Выпускаемые для этой цели трехжильные бронированные кабели отечественного (КППБКТ, КППБПТ) и зарубежного производства на рабочее напряжение до 4 кВ и токи 100-130 А при включении нагревателя по схеме «фаза – три жилы кабеля параллельно – СЭН – обсадная колонна и НКТ параллельно – нейтраль трансформатора» способны передавать на глубины 1000-1500 м не менее 1000 кВт [1, 5].

В качестве источников питания группы СЭН могут быть использованы серийные

силовые трансформаторы мощностью 10-16 МВ·А напряжением 35/3 кВ, что эквивалентно применению традиционных парогенераторов с паропроизводительностью до 20 т/ч. Основные конструктивные параметры СЭН (длина, наружный диаметр) определяются диаметром обсадной колонны и мощностью продуктивного пласта, а также удельной тепловой мощностью СЭН.

Глубина залегания пластов с высоковязкой нефтью в основном 200-1000 м и реже 1000-2000 м. Мощность этих пластов составляет 3-30 м и более. Поэтому при проектировании электротермических комплексов для конкретных условий необходимо задать мощность, наружный диаметр и длину СЭН, которая должна быть соизмерима с мощностью пласта. При этом удельная тепловая мощность СЭН может быть принята от 200 до 600 Вт/м^2.

Для реализации эффективного термогидродинамического воздействия СЭН должен обеспечивать нагревание пластовой жидкости в зоне обработки до кипения, что, в свою очередь, определяет давление и температуру внутри СЭН. Наиболее употребительные давления нагнетания пара при термических способах добычи нефти 4-10 МПа, реже 12-14 МПа. Указанные режимы ПТВ могут быть достигнуты при температурах жидкости-теплоносителя СЭН в диапазоне 280-360 °С.

Во время эксперимента проведена укрупненная технико-экономическая оценка стоимостей дополнительно добытой нефти и затраченной электроэнергии при использовании скважинных электротехнических комплексов для условий Усинского месторождения тяжелой нефти [2]. Приняты следующие исходные данные: мощность силового трансформатора – 10 МВ·А; давление нагнетания пара – 10-12 МПа; расход энергии на производство 1 т пара – 700 кВт·ч; паронефтяной фактор – 0,5 т/т; стоимость 1 т нефти – 100 долларов; стоимость 1 кВт·ч электроэнергии – 0,8 руб.; число рабочих дней в году – 300.

Расчеты показали, что стоимость электроэнергии не превышает 6-8 % от стоимости дополнительно добытой нефти. Следует заметить, что полученную оценку можно считать пессимистической, так как при использовании СЭН количество вносимой в пласт тепловой энергии в отличие от традиционного способа воздействия на продуктивные пласты не зависит от глубины залегания пласта.

Технология термического воздействия на продуктивные пласты с использованием СЭН имеет следующие преимущества:

1) низкие потери энергии (не более 5 %);

2) низкая капиталоемкость одного комплекта оборудования позволяет постепенно наращивать производительность до требуемой;

3) возможность проведения ПТВ при заполненной жидкостью скважине;

4) использование в зонах распространения многолетнемерзлых пород и при разработке шельфовых месторождений;

5) реализация методов импульсно-дозированного и термогидродинамического воздействия;

6) пониженные требования к качеству закачиваемой в пласт воды;

7) получение пара с сухостью 0,8-1 на глубинах свыше 1000 м;

8) при эксплуатации обводненных месторождений возможность проводить ПТВ без подачи воды с поверхности.

Комплекс экспонировался на Брюссельской международной выставке «Эврика-2001» и был отмечен золотой медалью с отличием.

Широкое применение скважинного электротермического оборудования в регионах с высокой электровооруженностью позволит снизить стоимость термических скважин, автоматизировать процесс термообработки, увеличить за счет высокой маневренности число добычных скважин и получить экологически чистые

и ресурсосберегающие технологии термической добычи тяжелых высоковязких нефтей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Месенжник Я.З.* Кабели и провода специального назначения для нефтегазового комплекса // Электро. 2000. № 1.

2. Освоение ресурсов трудноизвлекаемых и высоковязких нефтей: Сб. докладов межд. конф. 16-20 июня 1997.

3. Пат. 2169830 РФ, МПК E21B43/25. Устройство тепловой обработки призабойной зоны скважины / Э.А.Загривный, А.Н.Сиротский. № 2000100134/03; заявлено 05.01.00; опубл. 27.06.01.

4. Пат. 2046184 СССР, МПК E21B43/25. Способ гидравлического разрыва пласта / В.С.Литвиненко, Ю.М.Парийский, Г.Н.Соловьев и др. № 92011014/03; заявлено 30.11.92; опубл. 20.10.95.

5. Скважинные электротеплогенераторы для повышения добычи нефти / В.С.Литвиненко, Э.А.Загривный, Б.Б.Кудряшов и др. // Бурение скважин в осложненных условиях / Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 2000.

6. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов: Сб. научных трудов. М.: Наука, 1990.