УДК 622.245.545

С.Н.БАТАЕВ
Горно-электромеханический факультет,
аспирант кафедры электротехники и электромеханики

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДОБЫЧИ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ

Термические методы воздействия на пласт играют ведущую роль при разработке месторождений высоковязкой нефти. Современные термические технологии предполагают сжигание части добытых углеводородов для их же добычи с положительным балансом. Несмотря на совершенствование методов, такие показатели, как коэффициент нефтеизвлечения, воздействие на окружающую среду и рациональное использование ресурсов, нельзя считать приемлемыми. Повысить эффективность термического воздействия можно за счет уменьшения потерь энергии как на этапе ее производства, так и при доставке в призабойную зону. Использование электрической энергии позволяет избежать потерь при передаче энергии, получить стопроцентное преобразование в тепло и, самое главное, получать теплоту за счет восполнимых источников энергии. Предлагается электротермический комплекс для термического воздействия на пласт тяжелой нефти. Показана целесообразность развития теории и методов электротермического воздействия на продуктивный пласт высоковязкой нефти.

Thermal methods of influence on the productive seam in the heavy oil field development the main role has been played. Combustion of hydrocarbons in present thermal oil extracting technologies is necessity. Despite on it improving, such indexes as oil-extraction coefficient, environmental influence and rational resource utilizing, not enough good. We can to increase efficiency of thermal influence by means of energy losses reduction at the heat energy production and its delivery. Electro energy using let to pass energy without losses, use full electro-heat transformation, and main, to use recommencing resources for energy production. Electro-thermal complex for thermal influence on heavy oil productive seam has been proposing. Expediency of theory and methods of electro-thermal influence on heavy oil productive seam development has been shown.

На сегодняшний день общие разведанные запасы тяжелых нефтей превышают запасы традиционных легких приблизительно в 5-7 раз. При этом на естественном режиме отбора коэффициент их нефтеотдачи составляет 6-15 %. Поэтому создание и реализация эффективных методов воздействия на нефтяные пласты для увеличения нефтеотдачи является основным направлением научно-технического прогресса в нефтяной промышленности. Основные преимущества термических методов воздействия, по сравнению с другими известными методами, – одновременное наложение эффектов гидро- и термодинамического воздействий. Термические методы повышения нефтеотдачи (МПН) пластов не имеют в настоящее время альтернативы при разработке нефтяных месторождений, содержащих высоковязкие нефти, и являются приоритетными среди других методов [1, 4].

Используемые сегодня термические МПН имеют существенные недостатки, связанные с их большой энергоемкостью: при производстве пара в парогенераторах сжигается до 50 % добытой нефти или эквива-

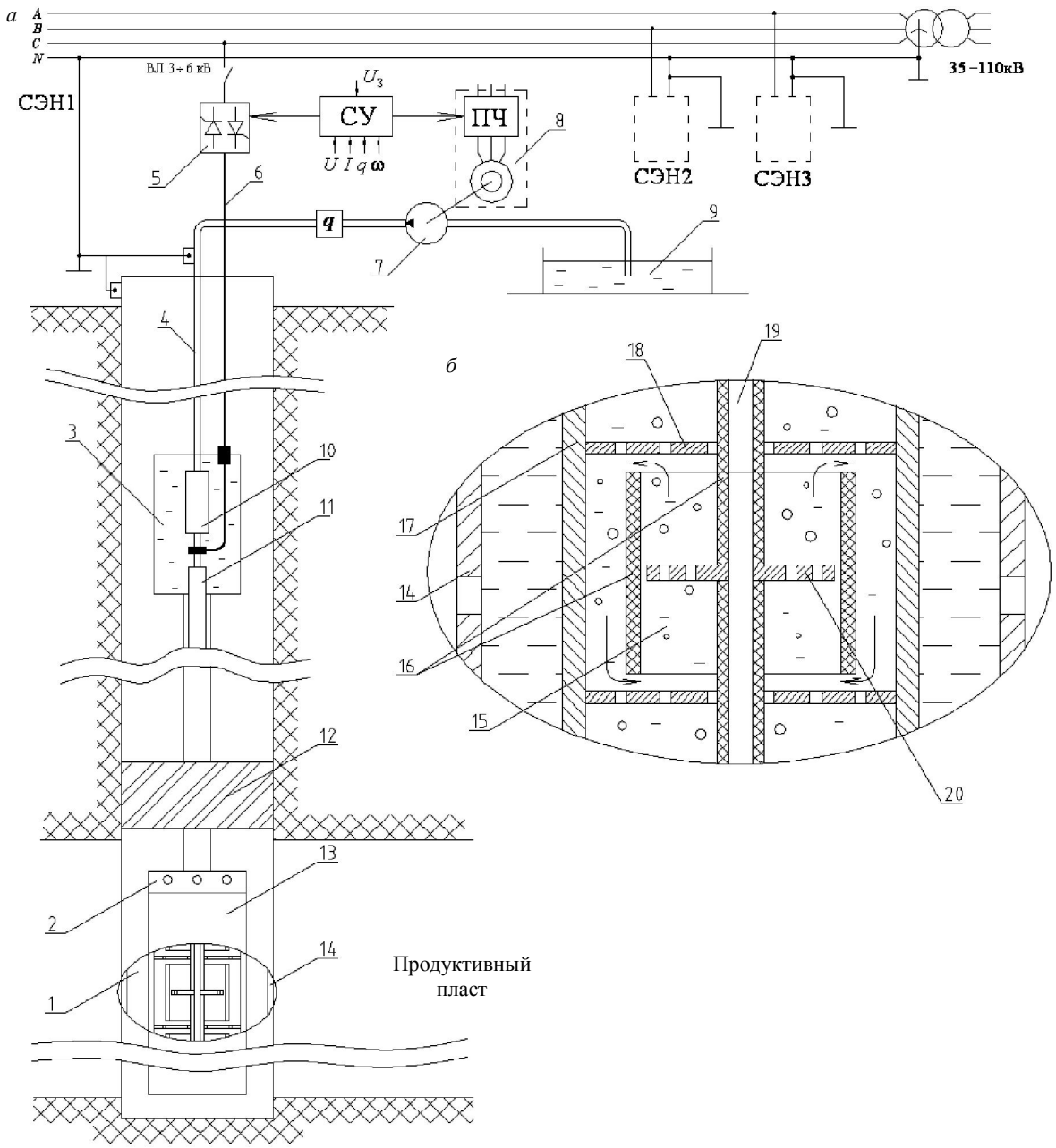


Рис.1. Электротермический комплекс: *а* – компоновка комплекса; *б* – элемент скважинного электронагревателя
1 – пластовая жидкость; 2 – водоподающий узел с обратным клапаном; 3 – маслозаполненнное вводное устройство; 4 – насосно-компрессорные трубы; 5 – регулятор тока; 6 – силовой кабель; 7 – насос;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

лентное количество природного газа. Следствием являются вредные выбросы гидроксидов серы и азота, большие тепловые потери при доставке теплоносителя, быстрое обводнение месторождений [1].

Этих недостатков лишен электротермический комплекс для теплового воздействия на продуктивные пласты, разработанный в Санкт-Петербургском государственном горном институте на кафедре электротехни-

ки и электромеханики (см. рисунок) [5]. При подаче напряжения ток через тиристорный регулятор 5 потечет по бронированному кабелю 6 через вводное устройство 3 и далее по трубчатому изолированному тоководу на центральный электрод 19 скважинного электродного нагревателя (СЭН). От центрального токовода 19 ток через перфорированные электроды 20 потечет через токопроводящую жидкость 15 к корпусным электродам 18, выделяя требуемую мощность.

Комплекс позволяет выполнять все известные технологические операции по термическому воздействию. Для этого в состав комплекса включены насос 7 с регулируемым электроприводом 8, емкость с котловой водой 9, насосно-компрессорные трубы (НКТ) 4, по которым котловая вода через диэлектрическую вставку 10 и водоподающий узел с обратным клапаном 2 поступает в изолированный интервал скважины 1. Автоматическое поддержание заданных технологических параметров (напряжение U, ток I, расход котловой воды q, частота вращения насоса ω) обеспечивается системой управления СУ.

Режим паротеплового воздействия (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 импульсно-дозированного теплового воздействия обеспечивается чередующимися импульсами ПТВ и подачей котловой воды с увеличенными часовыми расходами, чем достигается ускоренное продвижение теплового фронта и снижение паронефтяного фактора.

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 глубину 1000-1500 м не менее 1000 кВт [3].

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. Разработана методика расчета тепловой и электрической мощностей комплекса, позволяющая рассчитать параметры СЭН для заданных горно-геологических условий.

Проведена укрупненная технико-экономическая оценка стоимости дополнительно добытой нефти и затраченной электроэнергии при использовании скважинных электротермических комплексов и традиционных парогенераторов для условий Усинского месторождения тяжелой нефти. Показано, что стоимость электроэнергии, затраченной на производство теплоносителя, не превышает 6-8 % от стоимости дополнительно добытой нефти [2].

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

1) не требует сжигания углеводородного сырья для производства теплоты;

2) имеет высокие экологические показатели;

3) характеризуется низкой капиталоемкостью одного комплекта оборудования;

4) имеет низкие потери энергии (не более 5 %);

5) возможно проведение ПТВ при заполненной жидкостью скважине;

6) допустимо использование в многолетнемерзлых породах и на шельфовых месторождениях;

7) понижены требования к качеству закачиваемой в пласт воды;

8) возможно получать пар с сухостью 0,8-1 на глубинах свыше 1000 м;

9) на обводненных месторождениях можно проводить ПТВ без подачи воды с поверхности;

10) реализуется эффект снижения ПНФ до 0,48 при среднем около 7 при доставке пара с температурой 320°С и сухостью 0,67-0,7 по теплоизолированным трубам, что было обнаружено на Усинском месторождении [6].

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, за счет высокой маневренности увеличить число добычных скважин и получить экологически чистые и ресурсосберегающие технологии термической добычи тяжелых высоковязких нефтей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Антониади Д.Г.* Настольная книга по термическим методам добычи нефти / Д.Г.Антониади, А.Р.Гарушев, В.Г.Ишханов. Краснодар: Советская Кубань, 2000. 464 с.

2. *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. С.61-66.

3. *Месенжник Я.З.* Кабели и провода специального назначения для нефтегазового комплекса // Электро. 2000. № 1. С.22-29.

4. Недра России: Полезные ископаемые / Под ред. Н.В.Межеловского, А.А.Смыслова. СПб, 2001. Том 1. 547 с.

5. Пат. 2208145 СССР, МПК Е21В43/25. Устройство тепловой обработки призабойной зоны скважины / Э.А.Загривный, А.Н.Сиротский. № 2001129393/03; Заявлено 31.10.01; Опубл. 10.07.03.

6. *Рузин Л.М.* Исследование влияния паротеплового воздействия на состав добываемых флюидов и механизм нефтеотдачи карбонатных коллекторов / Л.М.Рузин, А.К.Цехмейстрюк, В.Н.Басков // Освоение ресурсов трудноизвлекаемых и высоковязких нефтей. Краснодар: Советская Кубань, 1999. 416 с.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Э.А.Загривный*