УДК 621.313

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ СЕПАРИРОВАНИЯ НЕФТИ

–––––––

OPTIMIZATION ENERGY CONSUMPTION FOR THE PLANT FOR SEPARATING OIL

Копелевич Лев Ефимович
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный
технологический университет
kkllev@mail.ru

Схашок Альберт Олегович
студент,
Кубанский государственный
технологический университет
albert-skhashok@rambler.ru.

Ким Владислав Анатольевич
студент,
Кубанский государственный
технологический университет
vladk-kub@mail.ru

Аннотация. Была рассмотрена усовершенствованная схема сепарирования нефти и произведено математическое моделирование в среде COMSOL Multiphysics для расчета экономии данной схемы.

Ключевые слова: центробежные сепараторы, сепарирование нефти, энергосбережение.

Kopelevich Lev Efimovich
Candidate of technical sciences, Associate professor, department of electrical engineering and electrical machines,
Kuban state technological university
kkllev@mail.ru

Shashok Albert Olegovych
Student,
Kuban state technological university
albert-skhashok@rambler.ru

Kim Vladislav Anatolevich
Student,
Kuban state technological university
vladk-kub@mail.ru

Annotation. An improved scheme of separation of oil and produced mathematical modeling in COMSOL Multiphysics environment for calculating the saving of this scheme was considered.

Keywords: centrifugal separator, separatoin oil, energy saving.

Известно, что из недр на поверхность извлекается, как правило, не нефть и газ в отдельности, а газоводонефтяная смесь. Нефть и газ получаются после сепарации этой смеси и отделения воды от нефти [1]. Отделение нефти от газа, называемое сепарацией, проводится в сепараторах разных конструкций (горизонтальные, вертикальные, цилиндрические, сферические и т. д.). Однако все сепараторы независимо от их формы выполняют одни функции, главными из которых являются: отделение газа от нефти и отделение нефти от воды при наличии нестойких эмульсий [2].

Классический способ сепарирования газоводонефтяной смеси представлен на рисунке 1.

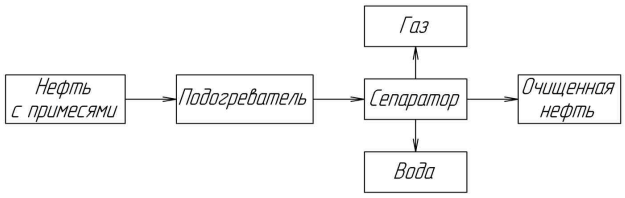

Рисунок 1 – Классическая схема сепарирования нефти

Предлагается усовершенствованная схема сепарирования [3], представленная на рисунке 2, в которой подогрев смеси осуществляется не только в подогревателе, но и в статоре и роторе сепаратора. Экономия электроэнергии определяется по формуле:

$$\Delta Э = c_н \cdot m_н \cdot \left(\Delta t_{ст} + \Delta t_р\right) \cdot T \ , \qquad (1)$$

где T – количество рабочих часов в году, ч; $c_н$ – удельная теплоемкость нефти; m – масса сепарированной нефти; $\Delta t_{ст}$ – разность температур, на которую подогревается исходный продукт в статоре установки; $\Delta t_р$ – разность температур, на которую подогревается исходный продукт в роторе – барабане установки.

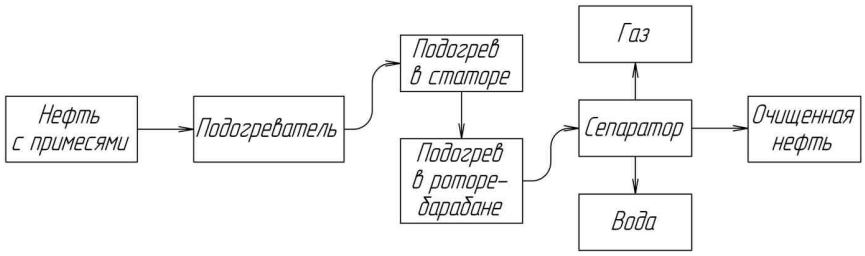

Рисунок 2 – Усовершенствованная схема сепарирования нефти

Рассмотрим установку для сепарирования нефти [4], созданную для реализации усовершенствованной схемы сепарирования, представленную на рисунке 3. Установка для сепарирования нефти содержит: корпус 1 сепаратора, смонтированный в нем статор электродвигателя, состоящий из двух частей (цилиндрическая часть 2–1, аксиальная часть 2–2), с обмоткой 3 двух частей статора, вокруг лобовых частей которой установлены трубки 4, залитые компаундом 5, барабан сепаратора 6, являющийся одновременно ротором электродвигателя, жестко связанный с валом 7, подогревателя нефти 15, соединительных трубок 16 и 17. Вал 7 установлен в подшипниковых опорах 8 и 9. Барабан сепаратора 6 состоит из основания 10 с центральной трубкой, разделительных тарелок 11, крышки 12, тарелкодержателя 13, затяжного кольца 14,. Соединительная трубка 16 соединяет подогреватель нефти 15 с входом трубок 4, а соединительная трубка 17 соединяет выход трубок 4 с внутренней частью барабана сепаратора 6.

Исходная нефть подается в подогреватель нефти 15, где частично происходит подогрев исходной нефти до определенной температуры. После подогревателя нефти 15, частично подогретая нефть по соединительной трубке 16 подается на вход трубок 4. Проходя по трубкам 4, нефть дополнительно подогревается за счет тепловыделения в обмотках 3 цилиндрической 2–1 и аксиальной 2–2 частей статора и в магнитопроводах цилиндрической 2–1 иаксиальной 2–2 частей статора. При выходе из трубок 4 нефть по соединительной трубке 17 подается в барабан (массивный ротор) 6, где она поступает через центральную трубку в днище барабана, а затем в каналы тарелкодержателя 13. Находясь в нижней части барабана 6, нефть дополнительно подогревается, как за счет тепловыделения в торцовой и цилиндрической частях барабана 6, приобретая, тем самым, необходимую для сепарирования температуру.

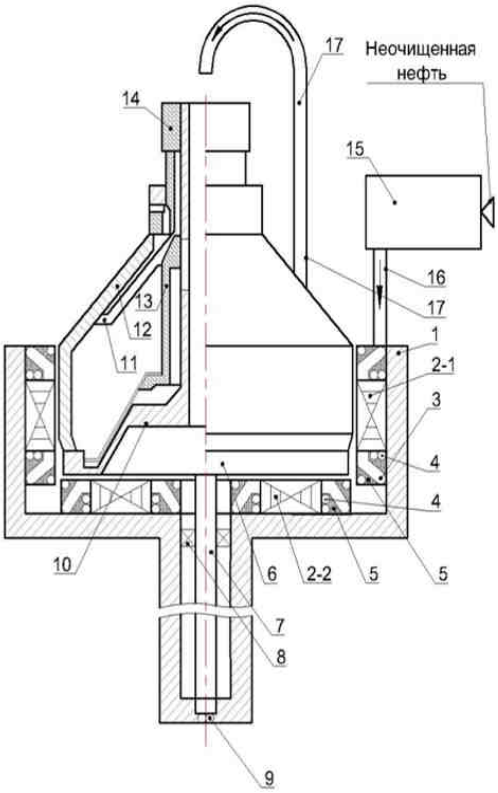

Рисунок 3 – Установка для сепарирования нефти

Зададимся параметрами имеющейся сепараторной установки СЛ-5, приведенными в таблице 1 и произведем математическое моделирование.

Таблица 1 – Основные параметры сепаратора

	Тип сепаратора
	СЛ-5
Производительность сепаратора, Q (м^3/ч)	12,5
Номинальная мощность двигателя, $P_н$ (кВт)	15
КПД двигателя, $\eta_д$	0,91
КПД теплообменного аппарата, $\eta_{тепл}$	0,95

В процессе решения вопроса оптимизации энергопотребления необходимо было решить две связанные задачи: «Вычислительная гидродинамика» и «Теплопередача с фазовым переходом». Для этой цели был выбран программный пакет COMSOL Multiphysics – это основанная на передовых численных методах универсальная программная платформа для моделирования и компьютерного моделирования физических задач. Использование пакета COMSOL Multiphysics позволяет учитывать связанные или «мультифизические» явления.

В процессе моделирования сепаратор был условно представлен исследуемой моделью, изображенной на рисунке 4. На рисунке 4 позиция I заменяет позицию 2–1 реального сепаратора на рисунке 3, позиция II заменяет позицию 2–2, позиция III заменяет позицию 6, позиция IV заменяет позицию 4. При такой замене были приняты следующие допущения: барабан сепаратора представлен в виде цилиндра, обмотка статора принята в виде интегрированного витка. При проведения математического эксперимента использовались характеристики сепаратора типоразмера СЛ-5 согласно таблице 1. При проведении численного исследования были приняты следующие начальные условия: $t_0 = 20^\circ$. Скорость подачи исследуемой жидкости определяется производительностью сепаратора и его конструктивными особенностями для подачи сепарируемого продукта. Подогрев нефти в статоре и роторе задан в соответствии с расчетами, приведенными в [5].

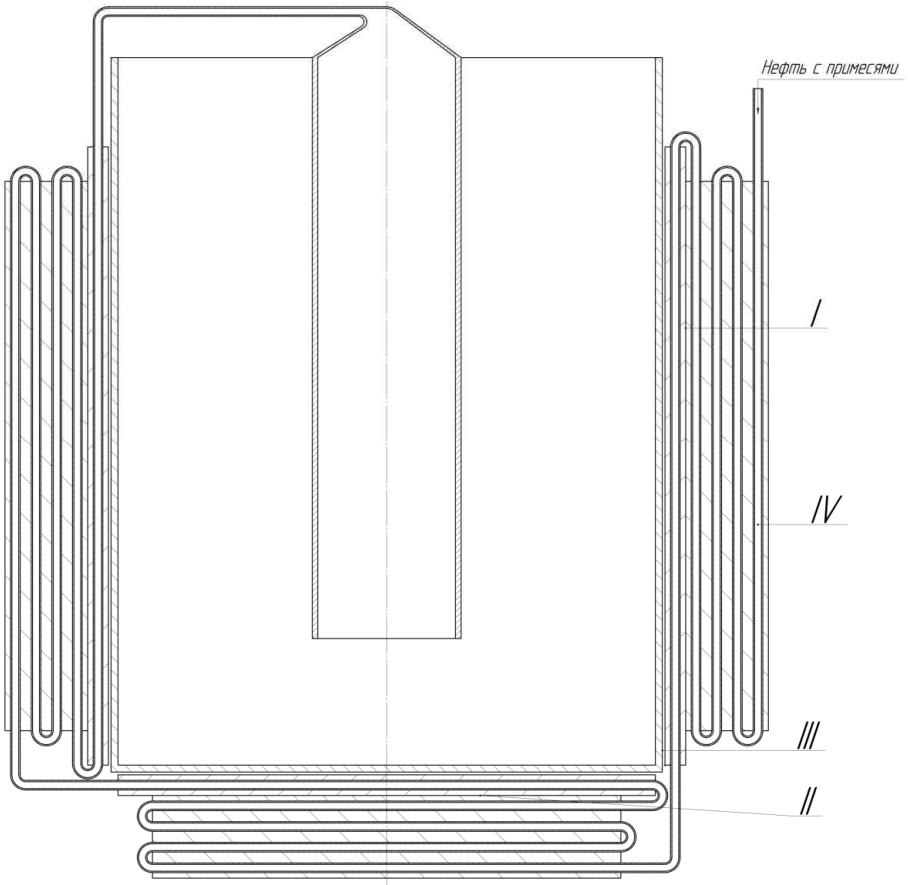

Рисунок 4 – Расчётная модель

По окончании математического моделирования в среде COMSOL Multiphysics были получены следующие результаты:

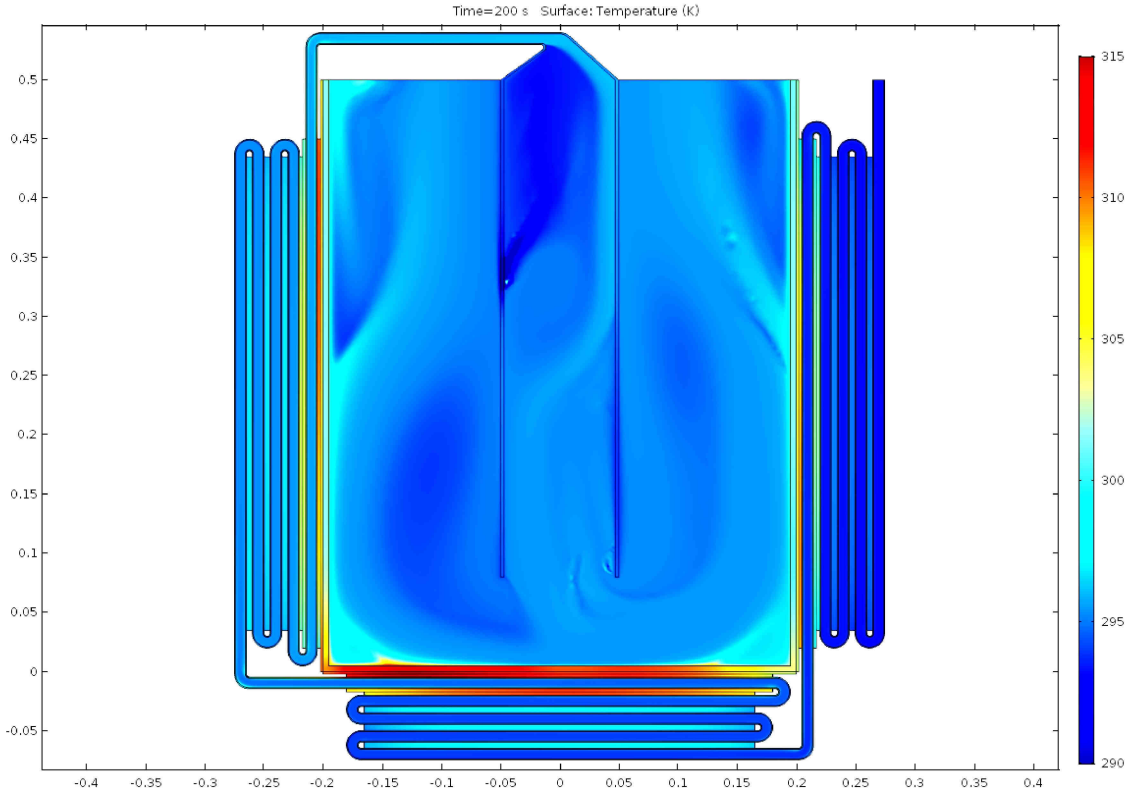

Рисунок 5 – Скриншот результата расчета теплового поля двигателя-сепаратора

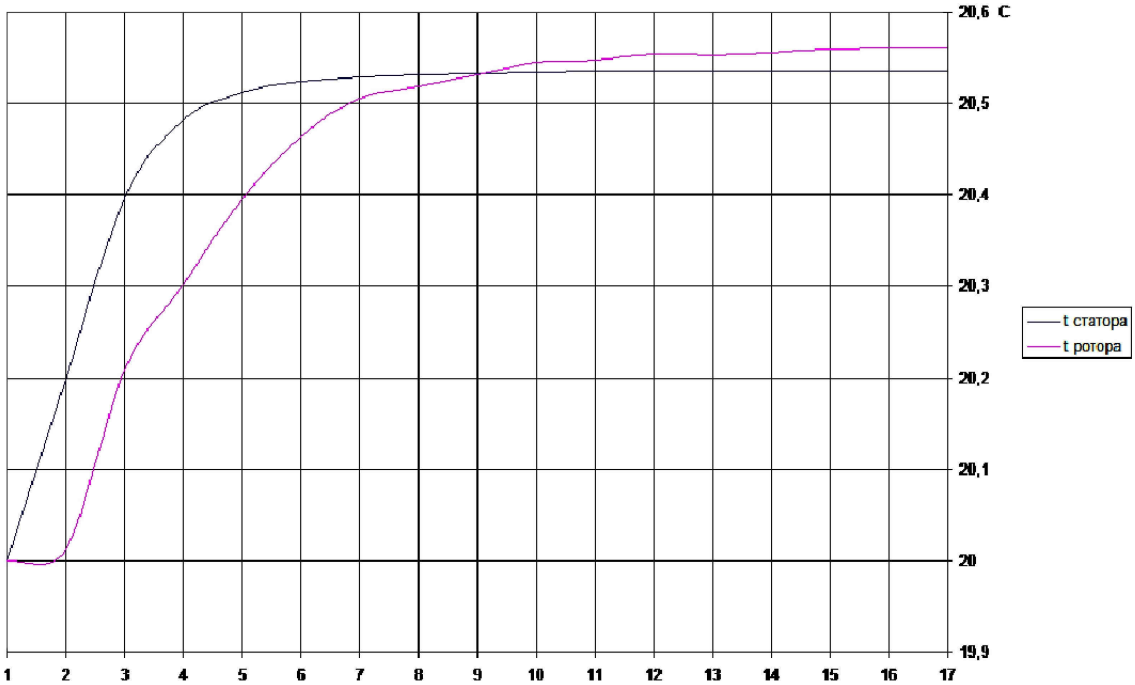

Рисунок 6 – Результат математического моделирования изменения температурного поля исследуемой жидкости в двигателе-сепараторе на базе СЛ-5

Таблица 2 – Полученный резльтат

Тип сепаратора	Δt_{cm}	Δt_p	Δt_Σ
СЛ-5	0,536021705949	0,0247617030167	0,5608

Произведем подсчет экономичности усовершенствованной схемы сепарирования по формуле (1) и сведем результат в таблицу.

Таблица 3 – Резльтаты подсчета

Название	Обозначение	Тип сепаратора	Размерность
		СЛ-5	
Удельная теплоемкость нефти	$C_н$	0,5278	$\frac{Вт \cdot ч}{кг \cdot ^\circ C}$
Масса нефти, проходящей через сепаратор за 1 час	$m_н$	10 000	кг
Температура нагрева в статоре и роторе	Δt_Σ	0,5608	ºС
Экономия электроэнергии за 1 час	$\Delta W_{1ч}$	3 271,24	Вт • ч
Количество рабочих часов в году	T	4224	ч
Экономия электроэнергии за год	$\Delta W_г$	13 818	кВт • ч
Тариф электроэнергии	$T_р$	4,7	руб
Экономическая эффективность усовершенствованной схемы сепарирования	$\Delta Э$	64 944,6	тыс. руб

Литература:

1. Каштанов А.А. Оператор обезвоживающей и обессоливающей установки : учеб. пособ. / С.С. Жуков. – М. : Недра, 1985. – 292 с.
2. Мстиславская Л.П. Основы нефтегазового производства : учеб. пособ. 2-е изд. испр. и доп. / М.Ф. Павлинич, В.П. Филипов. – М. : Нефть и газ, 2003. – 276 с.
3. Пат. RUS 2585636.Способ сепарирования нефти / Л.Е. Копелевич. – Опубл. 27.05.2016.
4. Пат. RUS 2593626. Установка для сепарирования нефти / Л.Е. Копелевич. – Опубл. 10.08.2016.
5. Копелевич Л.Е. Электромагнитные и тепловые переходные процессы в асинхронных двигателях с переменными параметрами : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 1989. – 13 с.

References:

1. Chestnuts A.A. Operator of the dehydrating and desalinating installation : uchebebny grant / S. S. Zhukov. – M. : Subsoil, 1985. – 292 p.
2. Mstislavskaya L.P. Bases of oil and gas production: uchebebny grant 2-nd prod. it is corrected and additional / M.F. Pavlinich, V.P. Filipov. – M. : Oil and gas, 2003. – 276 p.
3. Patent RUS 2585636. Way of separation of oil / L.E. Kopelevich. – Publ. 5/27/2016.
4. Patent RUS 2593626. Installation for separation of oil / L.E. Kopelevich. – Publ. 8/10/2016.
5. Kopelevich L.E. Electromagnetic and thermal transitional processes in asynchronous engines with variable parameters : abstract yew. ... cand. tech. sci. – Krasnodar, 1989. – 13 p.