

ПОЛНОПОТОЧНЫЕ СРЕДСТВА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРОДУКЦИИ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН

FULL-FLOW MEANS OF OPERATIVE CONTROL OF PRODUCTION OF OIL-EXTRACTING CHINKS

УДК 621.382.8

Ю.И. СТЕБЛЕВ

член-корреспондент РАЕН, д. т. н. профессор, заведующий кафедрой: «Автоматизация производственных процессов в нефтегазовом и нефтехимическом комплексе» Самарский Государственный Технический Университет

Самара
kat_nef@mail.ru

**С.В. СУСАРЕВ
Е.С. ВАШУРКИНА**

соискатель, старший преподаватель кафедры «Автоматизация производственных процессов в нефтегазовом и нефтехимическом комплексе» Самарский Государственный Технический Университет студент кафедры «Автоматизация производственных процессов в нефтегазовом и нефтехимическом комплексе» Самарский Государственный Технический Университет

Д.А. ТУМАНОВА

Y.I. STEBLEV

The corresponding member of the RAEN, Dr.Sci.Tech.. professor, managing chair Department: «Automation of productions in an oil and gas and petrochemical complex» Samara State Technical University candidate of engineering sciences, director «AMP – pozicioner» competitor on a scientific degree, the senior teacher of chair «Automation of productions in an oil and gas and petrochemical complex» The Samara State Technical University

Samara

S.V. SUSAREV
E.S. VASHURKINA

D.A. TUMANOVA

the student of chair «Automation of productions in an oil and gas and petrochemical complex» The Samara State Technical University

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
KEYWORDS:**

многоэлектродный электроемкостной преобразователь, датчик, емкость, влагомер, нефть
multielectrode an electro-capacity transformer, sensor, capacity, vlagomer, oil

В статье описано полнопоточное средство оперативного контроля продукции нефтедобывающих скважин с применением многоэлектродного электроемкостного преобразователя.

Article describes full-flow means of operative control of production of oil-extracting chinks with application of the multielectrode electrocapacitor converter.

В нефтяных поточных влагомерах чаще всего применяют коаксиальные электроемкостные преобразователи, где первым электродом служит трубопровод, а потенциальный электрод выполнен в виде стержня [1].

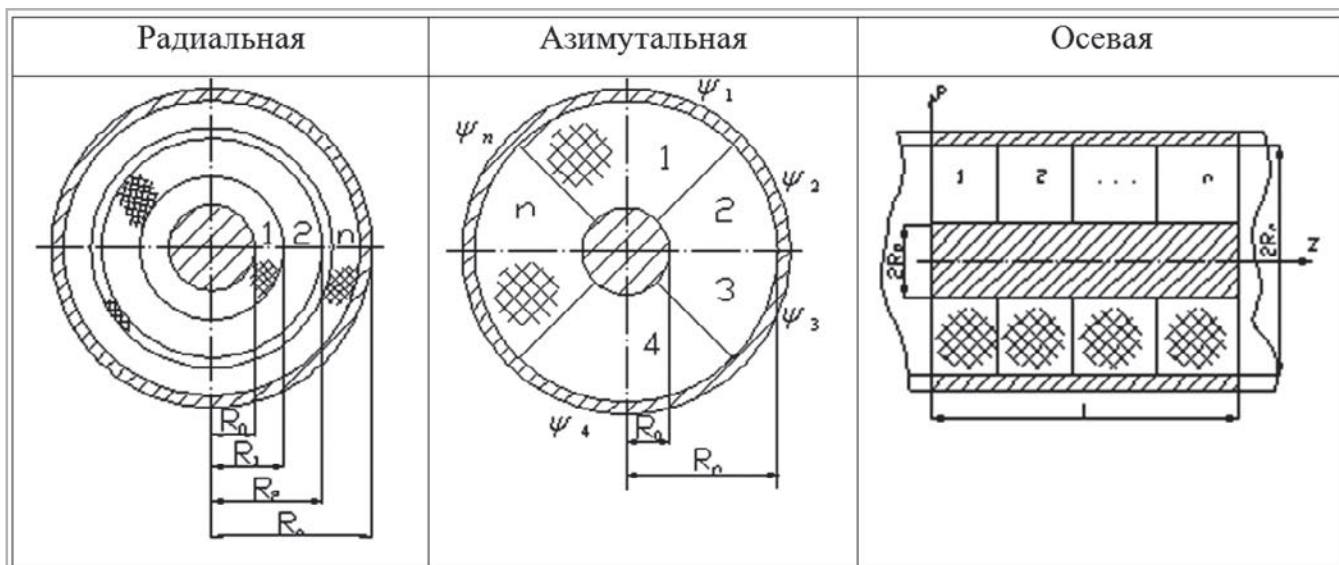
Возможны, однако, и другие конструктивные схемы электроемкостных преобразователей поточных влагомеров, выполненных, например, в виде плоских или сегментных электродов, определенным образом разме-

женных в сечении трубопровода[2].

Наиболее существенным отличием этих конструктивных схем является степень однородности зондирующего электрического поля. Этот фактор оказывает значительное влияние на точность определения влажности нефти в реальных условиях эксплуатации аппаратуры.

При калибровке поточного влагомера нефти на установке типа УПВН смесь

«нефть – вода» перемешивается до получения однородной водонефтяной эмульсии. Такое перемешивание практически невозможно реализовать в полевых условиях, что приводит к неоднородности распределения диэлектрической проницаемости смеси в рабочем объеме датчика, а следовательно к большим погрешностям определения влажности нефти и неустойчивой работе поточного влагомера. Влияние этого фактора ►



Таб. 1. Вид неоднородности контролируемой среды цилиндрического двух электродного датчика



Таб. 2. Вид неоднородности контролируемой среды датчика с плоскими электродами

на эффективность работы поточного влагомера нефти представлено на модельной задаче с кусочно – неоднородной диэлектрической средой в рабочем объеме датчика, то есть представим конструктивные схемы электроемкостных преобразователей в виде многослойных цилиндрического и плоского конденсаторов соответственно (Табл.1 и 2).

Многослойность заполнения межэлектродного пространства моделирует электрофизическую неоднородность двухфазного потока «нефть – вода», которая всегда имеет место, несмотря на принимаемые меры по перемешиванию смеси в потоке. Здесь идеализация состоит в том, что в случае цилиндрических коаксиальных электродов неоднородность имеет строго радиальный, азимутальный или осевой характер, а в случае плоских электродов неоднородность также одномерная по оси x, y или z. В последнем случае термин «продольная» или «поперечная» определяет ориентацию вектора электрического поля относительно границы раздела слоев. При этом предполагается, что поток направлен по оси z в обоих случаях (Таблицы 1 и 2).

Принятие допущения о характере электрофизической неоднородности потока в ряде случаев имеют физическое обоснование, например, связанное с распределением скорости в поперечном сечением потока, наличие газовых пузырей и т.п. Достоинство рассматриваемых моделей конструктивных схем электроемкостных преобразователей в том, что для них возможен сравнительно несложный расчет как распределения напряженности электрического поля в неоднородной среде, так и анализ эквивалентных электрофизических параметров неоднородной среды, определяющих выходные сигналы преобразователей.

В процессе работы производилось моделирование турбулентного режима течения многофазного потока, определение характера многофазного потока, создание аппаратно – программного комплекса и визуализация поперечного сечения многофазного потока.

Проведение исследования позволяло сформулировать научно-обоснованный подход к определению характера многофазного потока.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели: большая точность при контроле двухфазных потоков: нефть – вода, нефть – газ в широком ►

α $\ln \frac{C_y(K1)}{C_y(K2)}$	α							
	0	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1
C12	0,80	1,70	2,43	3,17	3,78	5,12	5,13	5,14
C35	0,60	2,05	2,59	3,18	3,76	4,71	4,74	4,76
C46	0,33	0,86	1,71	2,96	3,50	4,78	4,79	4,80
C36	0,69	1,26	2,02	3,04	3,74	5,00	5,01	5,02
C45	0,61	1,16	1,87	3,00	3,61	4,84	4,85	4,85
C34	0,23	0,38	0,65	1,44	1,71	2,39	2,40	2,42
C56	0,19	0,33	0,60	1,47	1,65	2,27	2,29	2,30

Таб. 3 Экспериментальные данные по определению типа водонефтяной эмульсии в режиме K1

α $\ln \frac{C_y(K2)}{C_y(K1)}$	α							
	0	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1
C12	0,51	1,05	1,86	2,90	3,67	0,84	0,56	0,24
C35	0,33	1,43	1,94	2,58	3,71	0,55	0,33	-0,03
C46	0,08	0,27	1,06	2,47	3,42	0,51	0,32	-0,14
C36	0,29	0,51	1,20	2,30	3,53	0,51	0,22	-0,18
C45	0,33	0,84	1,44	2,45	3,50	0,38	0,07	-0,17
C34	0,17	0,22	0,45	1,06	1,32	-1,67	-1,82	-2,08
C56	0,06	0,16	0,39	1,08	1,28	-1,70	-1,80	-2,14

Таб. 4 Экспериментальные данные по определению типа водонефтяной эмульсии в режиме K

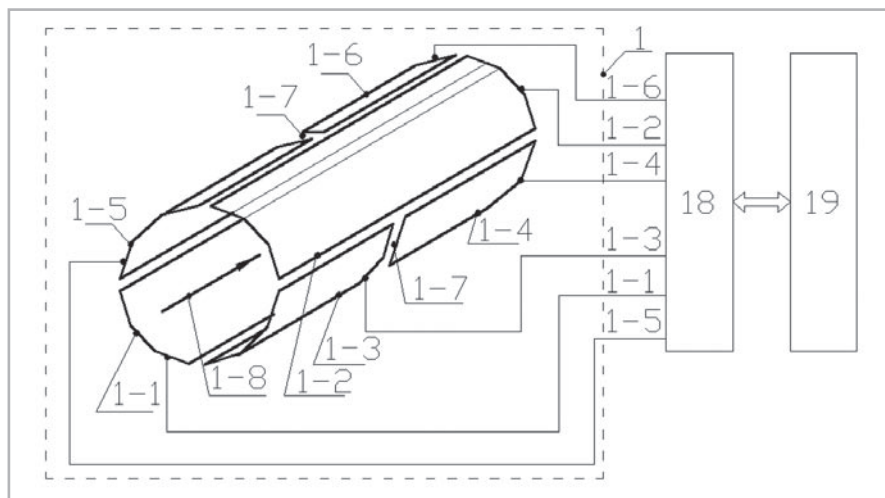


Рис. 1. Конструктивные схемы шестиэлектродного (N=6) преобразователя с цилиндрическими электродами

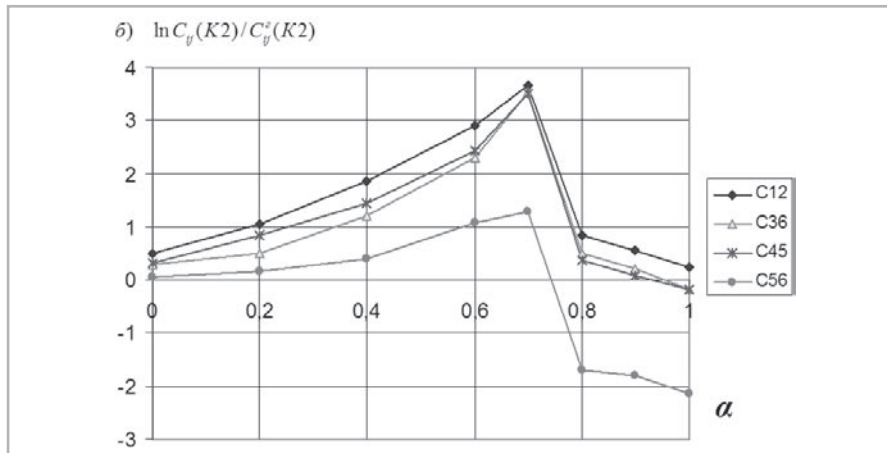
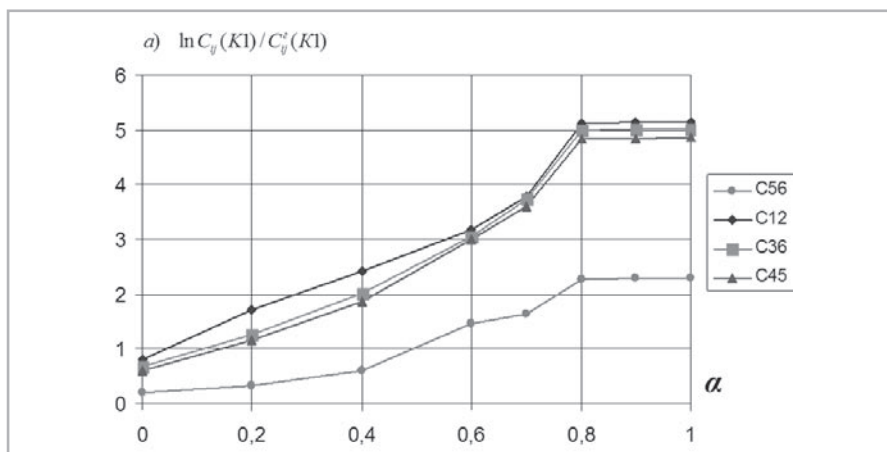


Рисунок.2. Характеристики, полученные при электрическом зондировании водонефтяной смеси в различных областях зоны контроля МЭП:
а) Режим К1 для $C_{12}, C_{36}, C_{45}, C_{56}$; б) Режим К2 для $C_{12}, C_{36}, C_{45}, C_{56}$

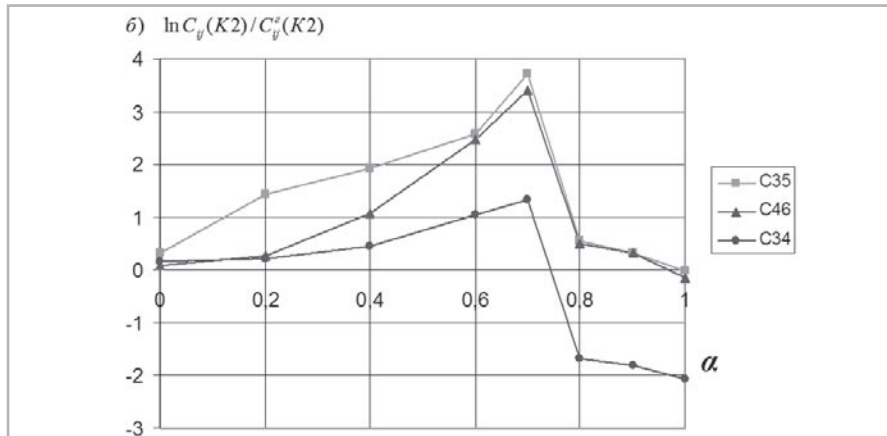
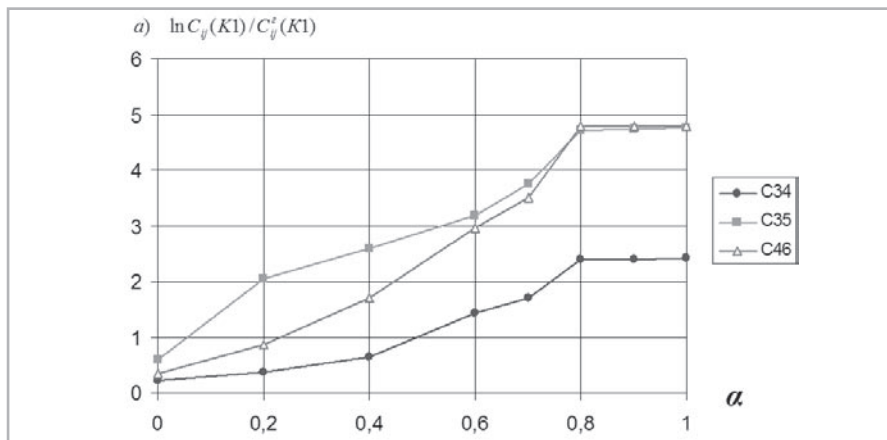


Рисунок.3. Характеристики, полученные при электрическом зондировании водонефтяной смеси в различных областях зоны контроля МЭП:
а) Режим К1 для C_{35}, C_{46}, C_{34} ; б) Режим К2 для C_{35}, C_{46}, C_{34}

диапазоне изменения фазового состава.

Эффективность работы заключается в оперативности полнопоточного контроля объемного содержания фаз смеси «нефть – газ – вода», без сепарации газожидкостного потока на скважинах, групповых замерных установках, дожимных насосных станций и установках подготовки промысловой нефти.

Эффективность полнопоточной электроемкостной диагностики трехфазных газодонефтяных смесей зависит от гидродинамической структуры потока, определяющей степень электрофизической однородности этого потока.

При этом гидродинамическая структура многофазного потока зависит от соотношения фаз, скорости потока, диаметра трубопровода и его расположения в пространстве. Например, в вертикальных промысловых трубопроводах наблюдаются следующие структуры: сплошная жидкость (однородная эмульсия, нефть или вода); пузырьковая (пузырьки равномерно распределены в эмульсии); пузырьково – снарядная (в пузырьковой структуре отмечаются большие пузыри), пробковая (в жидкости возникают большие пузыри, меняющие свои размеры в процессе движения); снарядно – кольцевая (в пробковой структуре часть жидкости перемещается по кольцу); кольцевая (жидкость перемещается по кольцу, а внутри кольца движется газ или другая жидкость); дисперсионно – кольцевая (внутри кольца движется жидкость с равномерно распределенными частицами газа или инородных включений); дисперсная (капли жидкости или пузырьки распределены равномерно в эмульсии); газ.

Электрическое зондирование многофазной смеси производится с помощью многоэлектродного электроемкостного преобразователя (МЭП), содержащего в общем случае N измерительных электродов. Максимальное число независимых емкостных электродов, в составе N – электродного преобразователя $N(N-1)/2$. Для шестизлектродного преобразователя (рис. 1) число таких емкостных элементов равно 15. Подобный преобразователь позволяет реализовать электрическое зондирование контролируемого потока в различных областях этого потока и в различных направлениях относительно направления движения потока.

К основным алгоритмам идентификации многофазных потоков в турбулентном режиме течения относятся:

- автоматическое определение типа эмульсии «прямая – обратная»;
- синтез математической модели двухфазной смеси «нефть-газ» и «нефть-вода» по экспериментальным данным в турбулентном режиме;

В ходе эксперимента получено: калибровочные характеристики влагомера и измеряемые в процессе контроля сигналы – величины межэлектродных емкостей $C_{ij}(K1)$ и $C_{ij}(K2)$, где C_{ij} – емкость между парой электродов (i,j), причем $i \neq j$, полученные в режимах К1 (таблица 3) и К2(таблица 4) работы преобразователя, нормируются к значениям указанных емкостей, полученных при наличии в зоне контроля МЭП газовой фазы (воздуха) и представляются в логарифмических единицах вида: ▶

$$\ln \frac{C_{ij}(K1)}{C_{ij}^*(K1)} \text{ и } \ln \frac{C_{ij}(K2)}{C_{ij}^*(K2)}$$

где $C_{ij}(K1)$ и $C_{ij}^*(K2)$ – значения емкости C_{ij} между электродами i и j , измеренное в режимах K1 и K2 при наличии в зоне контроля газа (воздуха).

На рис.2 и 3 приведены нормированные выходные характеристики шестизлектродного преобразователя - зависимости нормированных сигналов от объемного содержания «а» воды в водонефтяной эмульсии ($0 \leq \alpha \leq 1$) в режимах K1 и K2. Значению $\alpha=0$ соответствует нефть, а значению $\alpha=1$ – вода. Характеристики получены на экспериментальном образце МЭП с числом измерительных электродов $N=6$ на частоте $f=10$ кГц. Диаметр проходной части преобразователя 38мм, длина 47,5 мм.

Данные на рисунках 2а и 3а получены в режиме работы K1 преобразователя, а на рис.2б и 3б – в режиме K2. Приведены характеристики, полученные при электрическом зондировании водонефтяной смеси в различных областях зоны контроля МЭП: C_{12} – сквозное зондирование водонефтяной эмульсии во всей зоне контроля преобразователя; C_{46} и C_{35} – зондирование части объема эмульсии в направлении перпендикулярном направлению движения потока; C_{45} и C_{36} – зондирование смеси под углом примерно 45° к направлению потока; C_{34} и C_{56} – зондирование локальной области на периферии потока. Характеристики остальных емкостных элементов МЭП имеют аналогичный вид. Участки указанных характеристик в диапазоне водосодержания α от

0 до 0,7 соответствует обратной эмульсии («вода в нефти»), а участки характеристик в диапазоне α от 0,8 до 1,0 – прямой эмульсии («нефть в воде»). В диапазоне α от 0,7 до 0,8 происходит фазовый переход, т.е. обратная эмульсия («вода в нефти») переходит в прямую («нефть в воде»).

В первом случае зависимость рабочих емкостей от объемного содержания воды имеет монотонный характер. Причем при $\alpha > 0,6-0,7$ чувствительность к изменению α практически равна 0. во втором случае зависимости носят экстремальный неоднозначный характер, однако чувствительность датчиков в области больших влагосодержания ($\alpha > 0,7$) резко увеличивается. Этот эффект можно использовать для повышения эффективности работы МЭП во всем диапазоне измерения α (от 0 до 100%),

В таблице 3 приведены экспериментальные данные по определению типа водонефтяной эмульсии для емкостей C_{12} , C_{34} , C_{45} и C_{46} шестизлектродного преобразователя ($N=6$) при изменении водосодержания α от 0 до 1,0. Для остальных емкостных элементов МЭП результаты аналогичны.

Определение состава водонефтяной эмульсии – объемного содержания воды и нефти в потоке производится с использованием $N(N-1)$ калибровочных характеристик многоэлектродного преобразователя для каждого выходного сигнала МЭП, причем для обратной эмульсии («вода в нефти») состав водонефтяной эмульсии определяется по соответствующему участку калибровочной характеристики преобразователя и измеренным сигналам $C_{ij}(K1)$ и $C_{ij}(K2)$, а для прямой эмульсии («нефть в воде») по

соответствующему участку калибровочной характеристики преобразователя и измеренным сигналам $C_{ij}(K2)$, где $i, j \in \overline{1, N}, i \neq j$.

Выводы

1. Предложены конструктивные схемы МЭП, обеспечивающие возможность электрического сканирования поперечного сечения потока, инвариантность выходных сигналов к размерам первичного преобразователя.
2. Получены нормированные выходные характеристики шестизлектродного преобразователя зависимости нормированных сигналов от объемного содержания «а» воды в водонефтяной эмульсии ($0 \leq \alpha \leq 1$) в режимах K1 и K2. Значению $\alpha=0$ соответствует нефть, а значению $\alpha=1$ – вода.
3. Выявлены участки в диапазоне водосодержания α от 0 до 0,7 соответствует обратной эмульсии («вода в нефти»), а участки характеристик в диапазоне α от 0,8 до 1,0 – прямой эмульсии («нефть в воде»). В диапазоне α от 0,7 до 0,8 происходит фазовый переход, т.е. обратная эмульсия («вода в нефти») переходит в прямую («нефть в воде»). ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляков В.Л. Автоматический контроль параметров нефтяных эмульсий. – М.: Недра, 1992, С.74
2. Патент Российской Федерации № 23838-85 М.Кл. G01N27/22, 2008. Способ емкостной влагометрии водонефтяных эмульсий в потоке и устройство для его осуществления.

ВЫСТАВКА

7-10 февраля



18-я международная специализированная выставка

ЭНЕРГЕТИКА

САМАРА-2012

- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ
- ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, ПРИБОРЫ И АППАРАТЫ
- УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИХ СИСТЕМ
- СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ, ГАЗОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ
- ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

ЭКСПО-ВОЛГА
организатор выставок с 1986 г.



ВК «ЭКСПО-ВОЛГА»

443110 г. Самара, ул. Мичурина, 23а

тел./факс: +7(846) 207-11-50,

E-mail: energy@expo-volga.ru

www.energysamara.ru