

В то же время при низкоомном заземлении усложняется конструкция заземляющих резисторов и повышаются капитальные затраты или на модернизацию контуров заземления или на замену выключателей с соответствующими токами отключения. Также необходимо учитывать, что любая несимметрия напряжения нейтрали, даже в пределах допустимых ПТЭ, будет приводить в нормальном режиме к длительному выделению энергии на резисторе.

#### Литература

1. Ограничение перенапряжений и режимы заземления нейтрали сетей 6–35 кВ: Труды Второй Всероссийской научно-технической конференции. – Новосибирск, 2002. – 200 с.
2. Защита сетей 6–35 кВ от перенапряжений /Ф.Х. Халилов, Г.А. Евдокунин, В.С. Поляков и др.; Под ред. Ф.Х. Халилова, Г.А. Евдокунина, А.И. Таджикибаева. – СПб.: Энергоатомиздат: Санкт-Петербургское отделение, 2002. – 272 с.: с ил.
3. Аношин О.А., Киреев С.Б. Повышение надежности эксплуатации электрических сетей 6–10 кВ //Энергия и менеджмент. – 2003. – № 5.
4. Основные направления совершенствования эксплуатации электрических сетей /М.А. Короткевич. – Мн.: ЗАО «Техноперспектива», 2003. – 373 с.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НЕСТАБИЛЬНО РАБОТАЮЩИХ УЧАСТКОВ НЕФТЕПРОВОДА С УЧЕТОМ СОСТАВА НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

С.И. Половинко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Научные руководители Ю.Н. Колесник, Н.В. Токочакова

Проблема энергосбережения для Республики Беларусь является весьма актуальной т. к. республика импортирует до 85 % энергетических ресурсов при высоких ценах на них.

Чтобы следовать принципам энергосбережения, необходимо установить факторы, определяющие режимы энергопотребления.

*Цель работы:* оценить влияние состава насосных агрегатов (НА) на экономическую эффективность работы нефтепровода.

Достижение поставленной цели было осуществлено следующим образом:

1. Используя информационную базу данных, сформированы исходные массивы суточных значений перекачки нефти  $P_i[1..N]$  и расхода электроэнергии  $W_i[1..N]$  за исследуемый период времени.

2. Произведена классификация режимов электропотребления по составу работающих насосных агрегатов.

3. Построены зависимости, характеризующие режимы электропотребления при различных комбинациях насосных агрегатов.

4. Установлены режимы работы насосных агрегатов, обеспечивающие энергоэффективность транспортировки нефти.

Корреляционное поле точек зависимости  $W_{уд} = f(P_{сут})$  представлено на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, режим электропотребления характеризуется значительным разбросом  $W_{уд}$ , вследствие влияния большого количества факторов. Поэтому актуальной является задача управления энергоэффективностью работы нефтепровода путем воздействия на влияющие факторы.

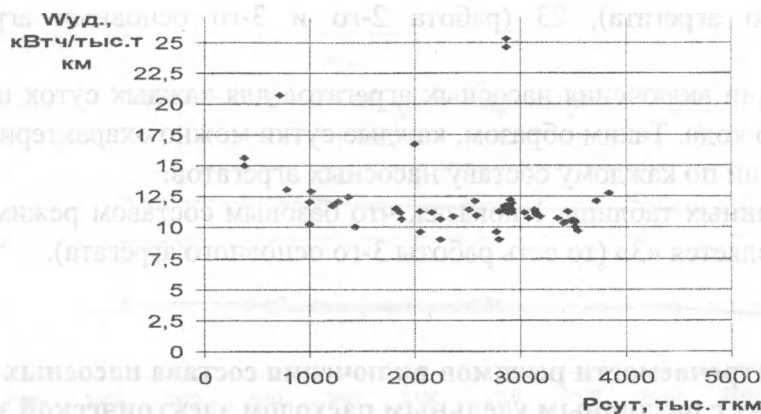


Рис. 1. Корреляционное поле точек зависимости  $W_{уд} = f(P_{сут})$  для участка нефтепровода

Перекачка нефти является основным влияющим фактором, определяющим режим потребления энергии нефтепровода, однако в рыночных условиях функционирования оптимизировать режим работы нефтепровода по критерию грузооборота нефти невозможно, поскольку объемы перекачки определяются конъюнктурой рынка. Физико-химические свойства нефти также не подлежат изменению, поскольку определяются сортом нефти и погодными условиями. Таким образом, фактором, которым можно управлять, является состав насосных агрегатов. Решение проблемы может быть сведено к оптимизационной задаче по поиску минимума целевой функции:

$$W_{уд} = f(P, \gamma, \nu, \text{состав НА}) \rightarrow \min,$$

$$\text{с граничными условиями: } P = P_{\text{зад}}, \gamma = \gamma_{\text{зад}}, \nu = \nu_{\text{зад}}, \quad (1)$$

$$\text{по параметру: } \text{состав НА} = \text{var}.$$

Как видно из квартальной модели (рис. 2), существует четкое расслоение корреляционного поля точек суточного удельного расхода электрической энергии на три характерные группы в двумерном пространстве признаков:  $W_{уд}$  и значения перекачки  $P_{сут}$ .

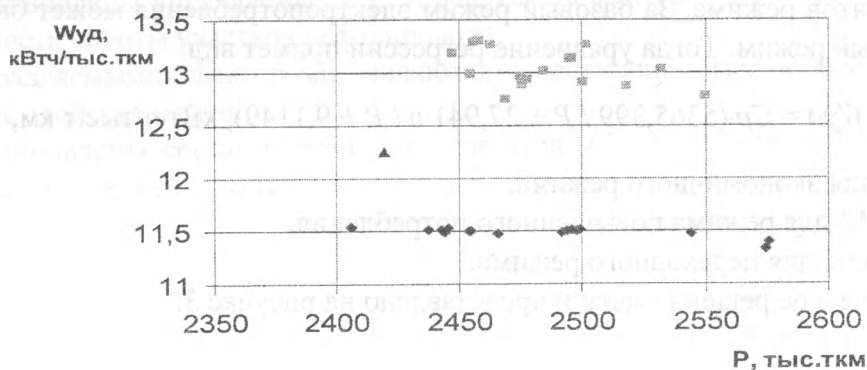


Рис. 2. Зависимость среднесуточного расхода электроэнергии от перекачки по данным 3-го квартала 2002 г.

Всего за исследуемый квартал было зафиксировано несколько комбинаций включения насосных агрегатов: 13 (работа 1-го и 3-го основных агрегатов), 3 (работа

3-го основного агрегата), 23 (работа 2-го и 3-го основных агрегатов), 4, 2 (см. табл. 1).

Комбинации включения насосных агрегатов для каждого суток представлены в виде числового кода. Таким образом, каждые сутки можно охарактеризовать количеством включений по каждому составу насосных агрегатов.

Анализ данных таблицы 1 показал, что базовым составом режима транспортировки нефти является «3» (то есть работы 3-го основного агрегата).

Таблица 1

**Частота встречаемости режимов включения состава насосных агрегатов в классах с различным удельным расходом электрической энергии**

Код включения насосных агрегатов	13	3	23	4	2	Всего
Все квартальные режимы	5 %	72 %	12 %	6 %	5 %	100 %
Экономичный режим	1 %	79 %	14 %	7 %	0 %	100 %
Переходный режим	3 %	73 %	17 %	7 %	0 %	100 %
Повышенный режим расхода	10 %	65 %	9 %	5 %	11 %	100 %

На основании полученных данных можно сделать заключение, что код 3 определяет режим потребления энергии в 3-м квартале, и снижение его удельного веса за счет увеличения веса комбинаций 13 и 2 приводит к росту потребления энергии. Определять режим потребления энергии можно по удельному весу кода 3:

- (1) до 69 % будем иметь дело с повышенным режимом электропотребления;
- от 69 до 76 % – с переходным режимом электропотребления;
- свыше 76 % – с экономичным режимом электропотребления.

Согласно экономичному режиму потребления электроэнергии, была получена регрессионная зависимость удельного электропотребления от влияющих факторов:

$$W_{уд} = 5365,399 / P + 27,941 \cdot v / P + 9,1149, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{тыс. т}\cdot\text{км}. \quad (2)$$

Переход от одного режима к другому может быть осуществлен путем введения коэффициентов режима. За базовый режим электропотребления может быть принят экономичный режим. Тогда уравнение регрессии примет вид:

$$W_{уд} = C_p \cdot (5365,399 / P + 27,941 \cdot v / P + 9,1149), \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{тыс. т}\cdot\text{км}, \quad (3)$$

где  $C_p = 1$  для экономичного режима,

$C_p = 1,13$  для режима повышенного потребления,

$C_p = 1,065$  для переходного режима.

Графическое решение задачи представлено на рисунке 3.

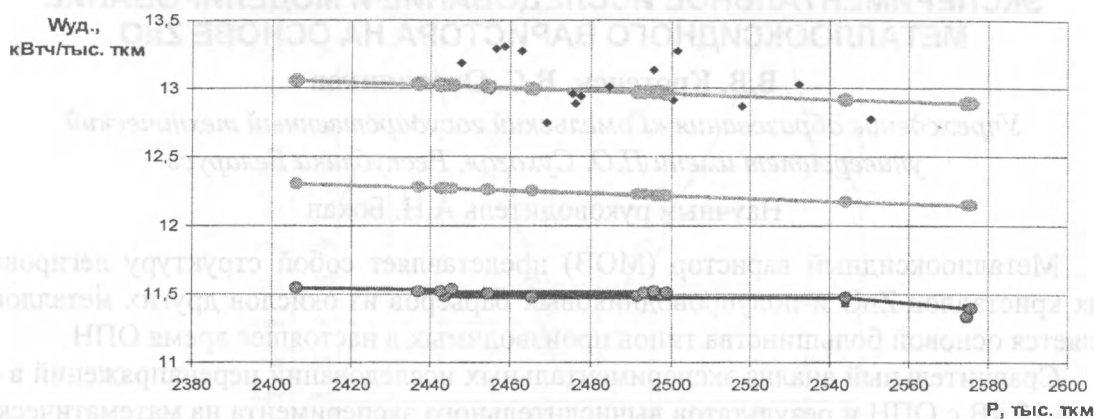


Рис. 3. Модели электропотребления участка нефтепровода с учетом состава насосных агрегатов

Определим величину нерационального использования электроэнергии при управлении составом насосных агрегатов.

Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

#### Определение величины нерационального расхода электроэнергии за квартал

Режим работы	$P$ , тыс. ткм	$W$ , тыс. кВтч	$\Delta W$ , тыс. кВтч	$\Delta W$ , %
Текущий режим	159688	1920,1	—	—
Экономичный режим	159688	1825,4	94,73	4,9

Обобщая сказанное, можно сделать следующие *выводы*:

1. База данных, основанная на суточных данных по режимам работы участков нефтепровода позволяет решать задачи по оптимизации режимов электропотребления. Критерием оптимизации является минимум  $W_{уд}$ .

2. Установлены управляемые и неуправляемые факторы, влияющие на энергоэффективность работы участков нефтепровода.

Неуправляемыми факторами являются следующие: грузооборот, физико-химические свойства нефти.

3. Установлены составы насосных агрегатов, обеспечивающие эффективную работу участков нефтепровода.