

## Литература

1. Использование имитационного моделирования для расчета точности проектируемых измерительных приборов. Голубева И.Е., Голубев А.М. / Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч. – практ. конф. (26-27 сентября 2013 г.) – Брянск: Изд-во БГСХА, 2013. – С. 17 – 20.

2. Пат. 2236611 РФ. Блокирующее устройство запуска двигателя / В.С. Шкрабак, Р.В. Шкрабак, С.А. Башкиров, О.В. Галанина, А.Н. Крикунов, Н.К. Смирнова // Бюл. – 2004. - № 26.

3. Безик В.А., Маркарянц Л.М., Алексанян И.Э. экспериментальные исследования комбинированного устройства защиты. В сборнике: проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. Международная научно-техническая конференция. Под общей редакцией Маркарянц Л.М.. Брянск, 2013. С. 3-8.

4. Маркарянц Л.М., Никитин А.М. Улучшение микроклимата путём совершенствования вентиляции. Ж. Вестник ФГБОУ БГСХА. № 1, Брянск, 2012. 3с.

УДК 621.311

*Грунтович Н.В., д.т.н., профессор*

*ФГБОУ ВО Брянский ГАУ*

*Жеранов С.А., инженер*

*ГГТУ им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

## **АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТА КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА**

Водозаборы являются крупными потребителями электроэнергии (ЭЭ). Основные электроприемники водозаборов -

погружные насосы, насосы по подаче воды к объектам водопотребления, а также электродвигатели напорных задвижек. Анализ электропотребления показал, что наибольшую долю в электропотреблении водозабора занимают насосные установки 1-ого и 2-ого подъема (78,4% от общего электропотребления водозабора). Особенностью работы водозаборов является непрерывность их работы. В связи с чем, своевременная и качественная оценка эффективности их работы позволит выявить нестандартные режимы работы, а также принять меры для обеспечения роста энергоэффективности.

Задача **диагностики текущего уровня энергетической эффективности** водозаборов является весьма актуальной.

Предложен способ диагностики текущего уровня энергетической эффективности водозаборов, основанный на построении структурных моделей по общим и удельным расходам ЭЭ с использованием аппарата кластерного анализа.

Для решения задачи была сформирована информационная база данных по суточному общему ( $W_{сут}$ ) и удельному расходу электроэнергии ( $W_{уд.сут}$ ) на годовом интервале. Исследования выполнялись на одном из водозаборов г. Гомеля (Республика Беларусь).

В качестве математического аппарата для построения структурных моделей суточного общего либо удельного расхода ЭЭ использовался кластерный анализ. При структурном анализе проводилось разбиение  $W_{сут}$  либо  $W_{уд.сут}$  на группы, объединяющие дни с близкими значениями признака кластеризации. Разбиение совокупности производилось методом средней связи. Процесс кластеризации останавливался на 10 классах, при этом коэффициент вариации самого многочисленного по емкости класса, как правило, не превышает 2%. Если по оси ординат откладывать средние значения характеристики режима, а по оси абсцисс - количество суток, вошедших в каждый класс, то в результате получается структурная модель. В структурной модели выделяется базисный класс (самый емкий по количеству дней, вошедших в него). Кроме базисного класса в структурной модели можно выделить два-три дополнительных класса. Вместе с базисным классом до-

полнительные классы охватывают по времени, как правило, 60-70% всей исследуемой выборки. Очевидно, что чем больше временная емкость базисного класса и меньше отклонение исследуемого признака дополнительных классов относительно базисного, тем отлаженнее производство и тем стабильнее оно работает [1,2]. Аналогичные подходы для диагностики текущего уровня энергетической эффективности использовались и для промышленных предприятий, в частности, для производств листового стекла [2].

Кластеризация суточных расходов  $W_{уд.сут}$  выполнялась с помощью программы «Cluster».

В таблице 1 представлены результаты кластеризации суточных расходов  $W_{уд.сут}$ , структурные модели (графическая интерпретация результатов) представлены на рисунке 1.

Как видно из результатов кластеризации, базисный режим работы включает 102 дня (27,9% от общего количества дней) со среднесуточным удельным значением расхода электроэнергии – 584,2 кВт·ч/тыс. м<sup>3</sup>. Наряду с базисным режимом можно выделить два класса – 6 и 7 со значениями удельных расходов электроэнергии: 669,6 кВт·ч/тыс. м<sup>3</sup> и 622,9 кВт·ч/тыс.м<sup>3</sup> временная емкость которых, составляет соответственно 52 и 64 суток.

*Таблица 1*

**Кластеризация  $W_{уд.сут}$  на подъем и подачу воды**

№	Удельный расход ЭЭ класса, $W_{уд.сут}$ , кВт·ч/тыс. м <sup>3</sup>	Количество дней в классе, сут	Коэффициент вариации, V, %	Процент от общего количества дней, %
1	930,8	1	0,00	0,3
2	844,1	2	1,96	0,5
3	795,8	3	0,95	0,8
4	743,1	17	1,06	4,7
5	705,9	33	1,73	9,0
6	669,6	52	1,29	14,2
7	622,9	64	1,78	17,5
8	584,2	102	1,21	27,9
9	553,0	45	1,63	12,3
10	520,3	46	1,42	12,6
Итого:		365		100,0

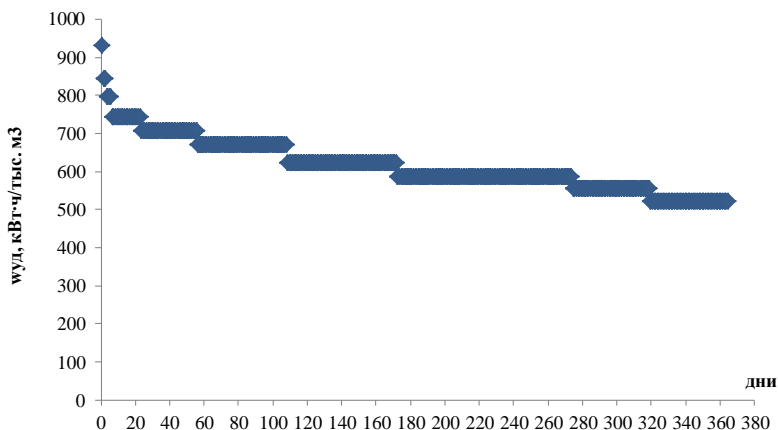


Рисунок 1. Структурная модель удельных расходов ЭЭ ( $W_{уд.сут}$ ) на подъем и подачу воды

В таблице 2 представлены результаты кластеризации суточных значений расхода ЭЭ на подъем и подачу воды.

Как видно из таблицы 2 равнозначными по временной емкости являются два класса – класс №6 и класс №7 со значениями общих расходов электроэнергии: 7098,1 кВт·ч и 6919,5 кВт·ч, что составляет в процентном отношении от общего потребления 16,2% и 15,8%, соответственно. Тот факт, что по временной емкости базовые классы не обеспечивают 70% от общего количества дней, а оставшиеся классы приблизительно одинаковы по временной емкости, указывает, что общий вид модели  $W_{сут}$  *относится к виду «с дроблением ступеней»*, что характерно для неотлаженного технологического процесса, либо на отсутствие достоверных данных по учету ЭЭ. На последнее указывает и тот факт, что коэффициенты вариации по выделенным классам составляют 0%.

Таблица 2

### Кластеризация суточных значений расхода ЭЭ на подъем и подачу воды в город

Номер класса	Среднесуточное потребление ЭЭ класса, $W_{сут}$ , кВт·ч	Количество дней в классе, сут	Коэффициент вариации, V, %	Процент от общего количества дней, %
1	8868,1	31	0,00	10,3
2	8265,6	28	0,00	8,7
3	8137,0	31	0,00	9,5
4	7327,5	31	0,00	8,5
5	7233,8	30	0,00	8,1
6	7098,1	61	0,50	16,2
7	6919,5	61	0,39	15,8
8	6827,2	31	0,00	7,9
9	6642,8	30	0,00	7,5
10	6463,2	31	0,00	7,5
Итого:		365		100,0

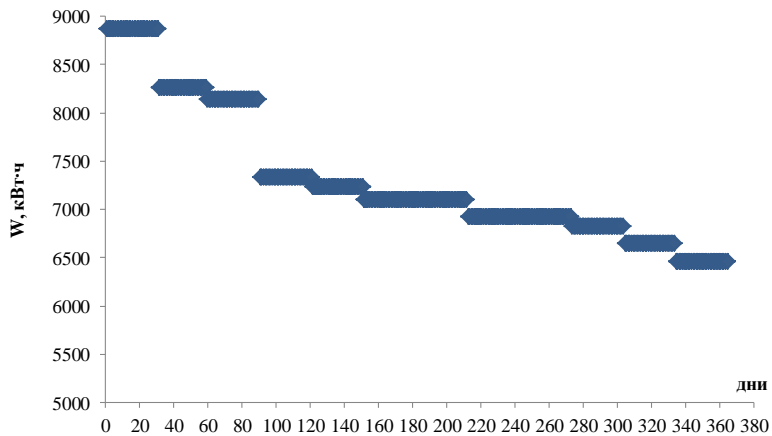


Рисунок 2. Структурная модель суточного расхода ЭЭ на подъем и подачу воды

Если произвести сравнение полученных структурных моделей удельных и общих расходов ЭЭ, то видно, что вид структурной модели по удельному расходу ЭЭ соответствует модели с нижним расположением базисной ступени, что

свидетельствует о высоком контроле со стороны производителей значений  $W_{уд.сут}$ , в течение всего исследуемого периода. Базисное значение  $W_{уд.сут}$  соответствующее 584,2 кВтч/тыс. м<sup>3</sup> является практически минимальным значением их общего количества  $W_{уд.сут}$  классов. Вместе с тем следует обратить внимание и на более высокие значения  $W_{уд.сут}$ . Анализ режимов работы водозабора, позволит выработать определенные шаги, позволяющие в дальнейшем увеличить емкость базисного класса, а следовательно снизить емкость классов с более высокими значениями удельных расходов ЭЭ. Очевидно, что сформировать один класс с низким значением удельного расхода ЭЭ невозможно, поскольку на формирование значений удельных расходов ЭЭ влияет множество факторов, но, прежде всего, это уровень отпуска воды потребителям, который определяется и температурными условиями и сезонным фактором, и фактором «выходного и праздничного дня» и др. Структурная модель суточного расхода ЭЭ не соответствует виду модели по удельному расходу ЭЭ, что может объясняться слабым контролем фактических суточных расходов ЭЭ.

#### **Выводы по выполненному исследованию:**

1. Для *диагностики текущего уровня энергетической эффективности* водозаборов предложен способ, основанный на построении структурных моделей по общим и удельным расходам ЭЭ с использованием аппарата кластерного анализа. Использование структурных моделей удельных и общих расходов ЭЭ позволяет визуально оценить структуру исследуемых признаков и выявить нестандартные режимы работы. Разработаны структурные модели общих и удельных расходов ЭЭ и получены следующие результаты:

1. Вид структурной модели по удельному расходу ЭЭ соответствует модели с **нижним расположением базисной ступени**, что свидетельствует о высоком контроле со стороны производителей значений  $W_{уд.сут}$ .

2. Сформировать один класс с низким значением удельного расхода ЭЭ невозможно, поскольку на удельный расход ЭЭ влияет множество факторов, и в первую очередь, это уровень отпуска воды потребителям.

3. Общий вид модели  $W_{сут}$  *относится к виду модели с*

*дроблением ступеней, что характерно для неотлаженного технологического процесса, либо для отсутствия достоверных данных по учету ЭЭ.* На последнее указывает и тот факт, что коэффициенты вариации по выделенным классам составляют 0%.

2. Диагностика текущего значения эффективности работы водозабора позволяет прогнозировать показатели базисного режима работы на следующий год и принять меры для роста энергоэффективности.

### **Литература**

1. Мандель И.Д. Кластерный анализ / И.Д. Мандель – М.: Финансы и статистика, 1988.–176 с.

2. Грунтович Н.В., Шенец Е.Л., Жеранов С.А. Оценка энергоэффективности модернизации производства листового стекла. Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2013. № 4 (55). С. 79-86.

УДК 621.314.21.00256

*Грунтович Над. Влад., д.т.н., профессор*

*Грунтович Ник. Вас., д.т.н., профессор*

*Брянский государственный аграрный университет*

*Колесников П.М., инженер*

*ОАО «Гомельтранснефть Дружба»*

## **ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

### ***Введение***

В энергосистемах Беларуси и России эксплуатируются трансформаторы со сроком 5-30 лет. Актуальным является оптимизация ремонта. В настоящее время ремонт трансформаторов осуществляется после аварии или по регламенту.