

11. Traktor K-9360, K-9400, K-9430, K-9450, K-9520 *tehnicheskie kharakteristiki* [Elektronnyy resurs] // Teh-Agro: sel'skokhozyaystvennaya tekhnika [Sayt]. – Rezhim

dostupa: <http://teh-agro.ru/tehnika/traktory/kirovets/80-kirovets-k-9000/137-tehnicheskie-kharaktristiki-kirovets-k-9000> (data obrashcheniya 28.02.2017).



УДК 62:661.937

С.Ю. Бузоверов  
S.Yu. Buzoverov

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ИЗ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

### A DEVICE FOR OXYGEN SEPARATION FROM ATMOSPHERIC AIR

**Ключевые слова:** атмосферный воздух, кислород, устройство для выделения кислорода, газообразные элементы, круговорот кислорода.

азота расположено в боковой стенке камеры разделения на уровне ее днища, а окно вывода кислорода – в днище этой камеры.

Атмосфера определяет процессы, происходящие на земле. Кислород и азот составляют основную массу атмосферного воздуха. Кроме того, в его составе находятся в значительно меньшем количестве благородные газы, диоксид углерода, водяные пары, пыль и некоторые случайные примеси. Содержание кислорода, азота и благородных газов в составе воздуха повсюду одинаково: азот – 78,2% по объему, кислород – 20,9% по объему, благородные газы – 0,9% по объему. Концентрация в воздухе диоксида углерода, водяных паров и пыли зависит от местных условий. Промышленное получение кислорода, азота и благородных газов основано на сжижении атмосферного воздуха и разделении его на составляющие газы, используя их различные температуры кипения. Данный способ характеризуется высокой производительностью и высокой чистотой продуктов разделения, но основной его недостаток – высокая энергозатратность. Существуют множество способов разделения атмосферного воздуха на газовые составляющие. Целью исследований послужила разработка устройства для выделения кислорода из воздуха, который можно использовать в кондиционерах, вентиляционных установках для обогащения воздуха внутри помещений, а также с двигателями внутреннего сгорания для улучшения характеристик топливной смеси. Нами была предложена полезная модель «Устройство для выделения кислорода из воздуха» (Патент № 166798). Разработанное устройство может применяться в кондиционерах, вентиляционных установках, используемых для обогащения воздуха внутри помещений, а также с двигателями внутреннего сгорания для улучшения характеристик топливной смеси. Устройство для выделения кислорода из воздуха содержит корпус с окном впуска воздуха и окнами вывода кислорода и азота, электромагнит, охладитель, компрессор. Корпус разделен перегородкой на камеры приема и разделения газов, охладитель размещен в камере разделения и соединен с компрессором, при этом его выходной патрубок выполнен в виде колена и установлен над внутренней полостью кольцевого электромагнита. Электромагнит размещен на окне вывода кислорода, при этом окно вывода

**Keywords:** atmospheric air, oxygen, oxygen separation plant, elementary gas, oxygen circulation.

The atmosphere determines the processes that take place on the Earth. The atmosphere is primarily made up of nitrogen and oxygen but it also includes smaller amounts of inert gases, carbon dioxide, aqueous vapor, dust and some contaminants. The content of oxygen, nitrogen and inert gases in the atmosphere is the same everywhere. The gas composition is 78.2% nitrogen, 20.9% oxygen and 0.9% inert gases by volume. The concentration of carbon dioxide, aqueous vapor and dust depends on local conditions. Commercial production of oxygen, nitrogen and inert gases is based on air liquefaction and its separation into constituent gases using their different boiling points. This method is highly-productive and the products of separation are very pure, but its main disadvantage is high energy consumption. There are many methods of atmospheric air separation into its primary components. The research goal was the development of a device to separate oxygen from air to be used in air conditioners, ventilation systems for oxygen enrichment of indoor air, and in internal combustion engines to improve fuel mixture characteristics. We have proposed a utility model of "A device for oxygen separation from atmospheric air" (Patent No. 166798). The developed device may be used in air conditioners, ventilation systems for oxygen enrichment of indoor air, and in internal combustion engines to improve fuel mixture characteristics. The oxygen separation device contains housing with air intake port and oxygen and nitrogen outlet ports, electromagnet, cooler and compressor. The body is divided by a partition into gas intake and separation chambers; the cooler is located in the separation chamber and is connected to the compressor; its outlet duct is made in the form of elbow and mounted above the inner cavity of the annular electromagnet. The electromagnet is located on the oxygen outlet port, while the nitrogen outlet port is located in the side wall of the separation chamber at bottom level; the oxygen outlet port is located in the bottom of this chamber.

**Бузоверов Сергей Юрьевич**, к.с.-х.н., доцент, каф. «Механизация производства и переработки сельскохозяйственной продукции», Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-80-56. E-mail: s-buzoverov@mail.ru.

**Buzoverov Sergey Yuryevich**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Production Mechanization and Processing, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-80-56. E-mail: s-buzoverov@mail.ru.

Атмосфера определяет процессы, происходящие на земле. Кислород и азот составляют основную массу атмосферного воздуха. Кроме того, в его составе находятся в значительно меньшем количестве благородные газы, диоксид углерода, водяные пары, пыль и некоторые случайные примеси. Содержание кислорода, азота и благородных газов в составе воздуха повсюду одинаково: азот – 78,2% по объему, кислород – 20,9% по объему, благородные газы – 0,9% по объему [1]. Концентрация в воздухе диоксида углерода, водяных паров и пыли зависит от местных условий.

Среди газообразных элементов кислород единственный обладатель парамагнитных свойств. Способность молекул кислорода втягиваться в магнитное поле объясняется тем, что они имеют два неспаренных электрона на внешней оболочке, которые сохраняют собственные магнитные моменты и придают парамагнитные свойства молекул кислорода. Магнитные свойства кислорода, как парамагнитного газа, уменьшаются с повышением его температуры.

В природе существует круговорот кислорода. Растения в процессе фотосинтеза превращают воду и углекислый газ в органические соединения, и этот процесс сопровождается высвобождением связанного кислорода. В темное время суток, когда прекращаются процессы фотосинтеза, растения из производителей кислорода превращаются в его потребителей, подобно животному миру, включая человечество [2].

Промышленное получение кислорода, азота и благородных газов основано на сжижении атмосферного воздуха и разделении его на составляющие газы используя их различные температуры кипения. Данный способ характеризуется высокой производительностью и высокой чистотой продуктов разделения, но основной его недостаток – высокая энергозатратность [3].

Существуют и другие способы разделения атмосферного воздуха на газовые составляющие. Один из них мембранный, сущность которого заключается в способности полупроницаемой перегородки (мембраны) пропускать определенные

компоненты разделяемого атмосферного воздуха [4]. Недостатком этого способа являются невысокая производительность, значительные затраты энергии и малая степень обогащения газовой смеси.

Адсорбционный способ разделения атмосферного воздуха заключается в адсорбировании адсорбентами различных компонентов воздуха [5]. Этот способ характеризуется низкой производительностью и невысокой чистотой продуктов разделения.

Большого внимания заслуживает способ получения кислорода и азота из атмосферного воздуха, основанный на использовании парамагнитных свойств кислорода и диамагнитных свойств азота. Известно устройство для получения воздуха, обогащенного кислородом, которое использует парамагнитные свойства кислорода [6].

Ранее было отмечено, атомы кислорода как парамагнетика обладают собственными магнитным полем, ориентируются по полю и тем самым создают результирующее поле, превышающее внешнее, и втягиваются в него. Азот как диамагнетик под действием внешнего магнитного поля приобретает магнитный момент пропорциональный магнитной индукции  $B$  и направленный навстречу полю, поэтому его магнитная восприимчивость отрицательна и он, наоборот, выталкивается из магнитного поля. Кроме магнитной индукции  $B$  и напряженности  $H$ , магнитное поле характеризуется магнитной проницаемостью  $m_d$  конкретной среды, учитывая ее состав, состояние, температуру, давление:

$$B = m_d H.$$

Зависимость  $B$  от  $H$  для ферромагнетиков  $m_f$ , парамагнетиков  $m_p$ , диамагнетиков  $m_d$ , вакуума  $m_v$ , представленная на рисунке 1 [6], показывает различие магнитной проницаемости указанных материалов.

Изменение магнитной индукции и магнитной проницаемости для воздуха в зависимости от напряженности магнитного поля показано на рисунке 2 [6].

Абсолютная и относительная магнитные проницаемости веществ связаны между собой отношением [6], Гн/М:

$$m_d = m_v * m,$$

где  $m_v$  – магнитная постоянная,  
 $m_v = 4\pi * 10^{-7} \frac{Гн}{М};$

$\mu$  – относительная магнитная проницаемость, безразмерная величина.

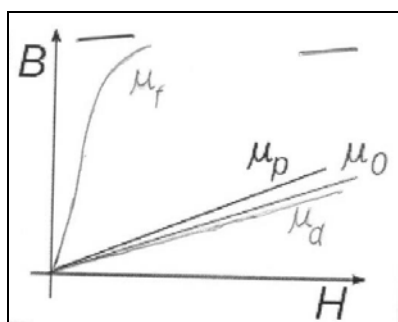


Рис. 1. Зависимость  $B$  от  $H$  ферромагнетиков  $\mu_f$ , парамагнетиков  $\mu_p$ , диамагнетиков  $\mu_d$ , вакуума  $\mu_0$

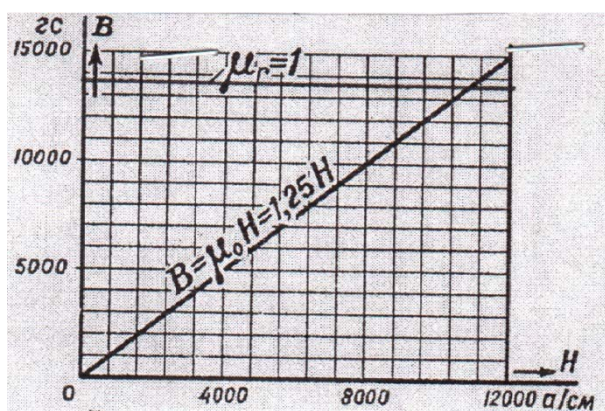


Рис. 2. Кривые магнитной индукции и магнитной проницаемости для воздуха

Относительную магнитную проницаемость  $\mu$  применяют для описания свойств магнитных материалов, а для практических расчетов используют абсолютную магнитную проницаемость  $\mu_0$ . Чем выше относительная магнитная проницаемость, тем легче вещество намагничивается в магнитных полях. Магнитная проницаемость веществ, обладающих магнитными свойствами, зависит от напряженности магнитного поля. Напряженность магнитного поля, создаваемого проводником, по которому пропущен электрический ток, можно определить по формуле [6]:

$$H = \frac{0,2i}{r},$$

где  $H$  – напряженность магнитного поля в эрстедах;

$i$  – сила тока выраженная в амперах;

$r$  – расстояние от оси проводника, см.

Отсюда видно, что, изменяя силу тока, можно изменять напряженность магнитного поля проводника.

Магнитные свойства веществ также определяет безразмерная величина, называемая магнитной восприимчивостью  $\chi$  [9]:

$$M = \chi H.$$

Намагниченность или результирующий магнитный  $M$  пара магнетиков и демагнетиков прямо пропорционален величине напряженности магнитного поля  $H$  [6]:

$$M = \chi * H.$$

Магнитная восприимчивость диамагнетиков отрицательна  $\chi < 0$ , а парамагнетиков – положительна  $\chi > 0$ , например, для воздуха  $\chi = 0,36 * 10^{-6}$  [6].

Температура окружающей среды оказывает значительное влияние на магнитные свойства веществ. При неизменной напряженности магнитного поля повышение температуры увеличивает дезориентирующую роль теплового движения молекул и намагниченность магнитных веществ убывает. Магнитную восприимчивость парамагнетиков в зависимости от температуры показывает закон, установленный французским физиком Пьером Кюри:

$$\chi = \frac{C}{T},$$

где  $C$  – постоянная Кюри данного вещества;

$T$  – абсолютная температура в Кельвинах, т.е. температура, отсчитываемая от абсолютного нуля, равного  $-273^\circ\text{C}$ .

Экспериментальная зависимость обратной магнитной восприимчивостью парамагнетика от температуры представлена на рисунке 3 [6], которая показывает, что рост температуры среды уменьшает магнитную восприимчивость вещества.

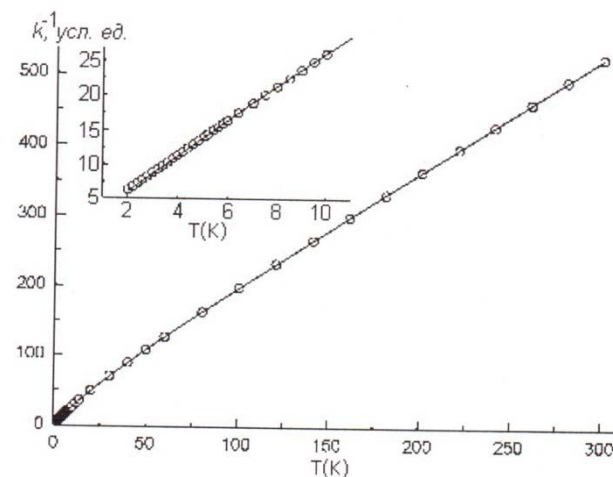


Рис. 3. Зависимость обратной магнитной восприимчивости парамагнетика полилитионита от температуры

Кроме того, известно влияние плотности кислорода на его магнитные свойства. Доказано, что более плотный кислород с большей силой втягивается в магнитное поле, и эта сила пропорциональна его плотности [2]. Аналогичные исследования, проведенные с азотом, показали, что его плотность не влияет на выталкивающую силу его как диамагнетика из магнитного поля [2].

Плотность вещества  $\rho$ , применительно к нашему случаю, – это атмосферного воздуха, кислорода и азота, представляет собой отношение массы вещества  $m$  к его объему  $v$  [6]:

$$\rho = \frac{m}{v}, \text{ кг/см}^3 \text{ или г/см}^3.$$

Подставляя данное выражение в уравнение Менделеева-Клапейрона [14]

$$PV = \frac{m}{\mu} RT,$$

где  $P$  – давление;

$V$  – объем;

$\mu$  – молярная масса;

$R$  – универсальная газовая постоянная;

$T$  – температура вещества, получаем зависимость плотности вещества от его давления и температуры:

$$\rho = \frac{P \mu}{T R}.$$

Откуда видим, что повышение давления и понижение температуры увеличивают плотность вещества, и наоборот.

**Целью** исследований послужила разработка устройства для выделения кислорода из воздуха, который можно использовать в кондиционерах, вентиляционных установках для обогащения воздуха внутри помещений.

#### Результаты исследований

В связи с вышеизложенным нами была предложена полезная модель «Устройство для выделения кислорода из воздуха» (Патент № 166798) [10].

Полезная модель относится к энергетическим устройствам получения воздуха, обогащенного кислородом, за счет использования электромагнитных полей и может быть применена для работы с кондиционерами, вентиляционными установками для обогащения воздуха внутри помещений, а также с двигателями внутреннего сгорания для улучшения характеристик топливной смеси.

Известно устройство для выделения кислорода, содержащее корпус с окном впуска воздуха и окнами вывода кислорода и азота, электромагнит, охладитель, компрессор (RU 2428242, 12.10.2006) [8]. Не-

достатком данного устройства является то, что оно имеет сложную конструкцию и не технологично при изготовлении.

Наиболее близким по своей технической сущности является устройство для выделения кислорода из воздуха, содержащее корпус с окном впуска воздуха и окнами вывода кислорода и азота, электромагнит, охладитель, компрессор (RU 83243, 27.05.2009) [9].

Недостатком данной конструкции является то, что ее невозможно использовать для обогащения кислорода до более высокого процентного содержания, кроме того, не имеется возможности собирать отделяемый от воздуха азот.

Задачей, решаемой настоящей полезной моделью, является получение кислорода и азота с глубокой степенью концентрации, а также упрощение устройства.

Задача решается тем, что в устройстве для выделения кислорода из воздуха, содержащем корпус с окном впуска воздуха и окнами вывода кислорода и азота, электромагнит, охладитель, компрессор, корпус разделен перегородкой на камеры приема и разделения газов, охладитель размещен в камере разделения и соединен с компрессором, при этом его выходной патрубок выполнен в виде колена и установлен над внутренней полостью кольцевого электромагнита, размещенного на окне вывода кислорода, при этом окно вывода азота расположено в боковой стенке камеры разделения на уровне ее днища, а окно вывода кислорода в днище этой камеры.

На рисунке 4 дана схема с последовательно установленными в ряд несколькими устройствами для выделения кислорода из воздуха.

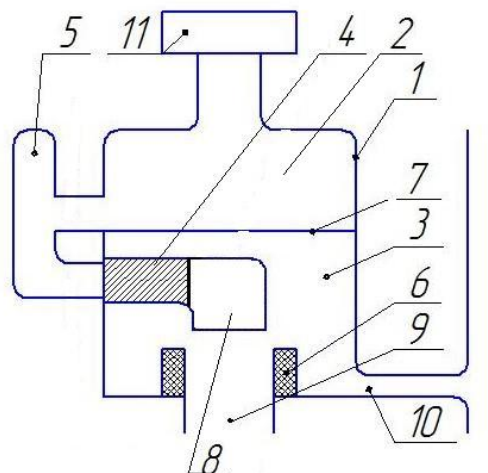


Рис. 4. Устройство для выделения кислорода

Устройство состоит из корпуса 1 с камерами приема 2 и разделения воздуха 3 на кислород и азот. В корпусе 1 размещен охладитель 4, компрессор 5 и кольцевой электромагнит 6. Камера охлаждения 2 и камера разделения 3 отделены друг от друга перегородкой 7. Компрессор 5 всасывающим концом соединен с камерой приема 2, нагнетательным с охладителем 4, размещенным в камере разделения 3, который имеет выходной коленный патрубок 8. Колено выходного патрубка 8 установлено над кольцевым электромагнитом 6, который установлен над окном вывода кислорода 9. Окно 10 вывода азота расположено на уровне днища камеры разделения воздуха 3. Над окном впуска размещен воздушный фильтр 11.

Устройство работает следующим образом. Атмосферный воздух всасывается компрессором 5 из камеры приема 2, корпуса 1, в которую поступает через воздушный фильтр 11, сжимается и подается в охладитель 4. Пройдя охлаждение в охладителе, воздух через коленный патрубок 8, размещенный над электромагнитом 6, подается в его внутреннюю полость. Попадая во внутреннюю полость электромагнита, кислород, имея парамагнитные свойства, притягивается и продвигается в окно вывода кислорода 9. Азот выталкивается и через окно 10 в камере разделения 3 выводится из нее, попутно омывая внешнюю сторону электромагнита 6, и охлаждая ее, так как в нем возникают вихревые токи и нагревают его. Разделение корпуса 1 перегородкой 7 на камеры приема 2 и камеры разделения 3 позволяет исключить повторный забор разделенного воздуха.

### Выводы

Разработанное устройство может применяться в кондиционерах, вентиляционных установках, используемых для обогащения воздуха внутри помещений, а также с двигателями внутреннего сгорания для улучшения характеристик топливной смеси. Устройство для выделения кислорода из воздуха содержит корпус с окном впуска воздуха и окнами вывода кислорода и азота, электромагнит, охладитель, компрессор. Корпус разделен перегородкой на камеры приема и разделения газов, охладитель размещен в камере разделения и соединен с компрессором, при этом его выходной патрубок выполнен в виде колена и установлен над внутренней полостью кольцевого электромагнита. Электромагнит размещен на окне вывода кислорода, при

этом окно вывода азота расположено в боковой стенке камеры разделения на уровне ее днища, а окно вывода кислорода – в днище этой камеры.

### Библиографический список

1. Глинка Н.Л. Общая химия. – 30-е изд., исправл. – М.: Академия, 2003. – 728 с.
2. Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева – Кислород.
3. [www.chem-bsu.narod.ru/chemRadweb/ch6/ch6.htm](http://www.chem-bsu.narod.ru/chemRadweb/ch6/ch6.htm).
4. Плотность. Материал из Википедии – свободной энциклопедии.
5. Объединенный газовый закон. Материал из Википедии – свободной энциклопедии.
6. Плешко В.Н., Олисов П.А. Влияние применения обогащенного кислородом воздуха на характеристики дизельных двигателей. – Протвино, 1998. – 10 с.
7. Ahmad T., Plee S. Application of Flame Temperature Correlations to Emissions from a Direct-Injection Diesel Engine, SAE Technical Paper 831734, 1983.
8. Пат. 2428242. Способ термомангнитной сепарации воздуха и устройство для его осуществления / Белозеров В.В., Босых С.И., Новакович А.А. и др.; 12.10.2006.
9. Пат. 83243 Устройство для получения воздуха, обогащенного кислородом / Зуккель В.А., Зуккель И.В.; 27.05.2009 г.
10. Пат. 166798 Российская Федерация МПК C01B 13/02. Устройство для выделения кислорода из воздуха / Бузоверов С.Ю., Протасов Н.С.; заявитель и патентообладатель Протасов Н.С. – № 2016111595/05; заявл. 28.03.2016; опубл. 10.12.2016, Бюл. № 34.

### References

1. Glinka N.L. Obshchaya khimiya. 30 izd., ispr. – M.: Akademiya, 2003. – 728 s.
2. Periodicheskaya sistema khimicheskikh elementov D.I. Mendeleeva – Kislород.
3. [www.chem-bsu.narod.ru/chemRadweb/ch6/ch6.htm](http://www.chem-bsu.narod.ru/chemRadweb/ch6/ch6.htm).
4. Plotnost. Material iz Vikipedii – svobodnoy entsiklopedii.
5. Obedinennyy gazovyy zakon. Material iz Vikipedii – svobodnoy entsiklopedii.
6. Pleshko V.N., Olisov P.A. Vliyanie primeneniya obogashchennogo kislorodom vozdukhа na kharakteristiki dizelnykh dvigateley. – Protvino, 1998. – 10 s.
7. Ahmad T., Plee S. Application of Flame Temperature Correlations to Emissions from a

Direct-Injection Diesel Engine, SAE Technical Paper 831734, 1983.

8. Pat. № 2428242. Sposob termomagnitnoy separatsii vozdukha i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya / V.V. Belozerov, S.I. Bosykh, A.A. Novakovich i dr. 12.10.2006.

9. Pat. № 83243 Ustroystvo dlya polucheniya vozdukha, obogashchennogo kisloro-

dom / V.A. Zukkel, I.V. Zukkel. 27.05.2009 g.

10. Pat. № 166798 Rossiyskaya Federatsiya MPK S01V 13/02 / Ustroystvo dlya vydeleniya kisloroda iz vozdukha / Buzoverov S.Yu., Protasov N.S. Zayavitel i patentoobladatel Protasov N.S. – № 2016111595/05; zayavl. 28.03.2016; opubl. 10.12.2016, Byul. № 34.



УДК 621.316.519

**В.Л. Осокин, Б.В. Папков**  
**V.L. Osokin, V.V. Papkov**

## ЭКСПЕРТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОСЛЕДСТВИЙ УПРАВЛЕНИЯ НАГРУЗКОЙ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

### EXPERT EVALUATION OF INDICATORS OF LOAD CONTROL CONSEQUENCES IN AGRICULTURAL PRODUCTION

**Ключевые слова:** надёжность электроснабжения, сельское хозяйство, экспертные оценки, вероятность, неопределённость, теория принятия решений.

Для достоверной оценки показателей надёжности систем электроснабжения сельских потребителей в условиях их проектирования, модернизации и эксплуатации необходимо иметь информацию о показателях, получение которых затруднено в силу различных причин. Оценку показателей последствий внезапных и преднамеренных нарушений электроснабжения потребителей в сельскохозяйственном производстве, а также при управлении их электропотреблением предлагается производить с использованием экспертных методов. Информация, на основании которой эксперты должны определить рассматриваемые показатели, крайне невелика по объему и не содержит прямого ответа на поставленный вопрос. При этом решающее влияние на оценки, высказываемые экспертами, оказывает опыт решения других задач, непосредственно относящихся к сфере их деятельности, а также качество изучения физических основ анализируемых энерготехнологических процессов и инженерная интуиция. При решении задач оценки параметров неблагоприятных событий у экспертов, как правило, появляется склонность к преувеличению плохого, поэтому можно ожидать завышения этих оценок. Причем оценки

специалистов по эксплуатации бывают более пессимистичны, чем оценки проектировщиков. Представлены алгоритмы обработки индивидуальных оценок экспертов по каждому из анализируемых параметров, представляемых с указанием возможных пределов их изменения или наиболее вероятных значений. В этом случае рассматриваемые величины являются элементами матриц непосредственно экспертной оценки. Результат представляет коллективную экспертную оценку каждого параметра, включающую математическое ожидание, дисперсию и степень согласованности мнений. Показаны особенности и даны рекомендации по применению методов экспертных оценок для решения задач надёжности электроснабжения. В зависимости от постановки решаемой задачи и характера и технологических особенностей анализируемого производства могут вводиться весовые коэффициенты значимости отдельных факторов или их групп, что обеспечивает, например, приоритет экономической или технологической оценки последствий нарушений электроснабжения и (или) управления режимами электропотребления. Так, на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности больший приоритет имеют факторы, определяющиеся особенностями технологического процесса, а в машиностроении и в сельскохозяйственном производстве – экономические последствия.