

## IV. СТРУКТУРА МАКСИМАЛЬНОЙ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НАГРУЗКИ ПРЕДПРИЯТИЙ ХАКАСИИ

### 4.1. Региональная информационная база данных электрических показателей предприятий - "Хакасэлектро"

В "Центре системных исследований" создана и постоянно пополняется и совершенствуется в обработке информационная база данных (ИБД) по электрическим показателям предприятий республики Хакасия - "Хакасэлектро" по аналогии с "Черметэлектро". В систему, которая ведется с 1979 года, вошли основные показатели: годовое потребление электрической энергии предприятия  $A$ , МВтч; получасовой максимум нагрузки предприятия  $P_m$ , МВт; годовое число часов использования максимума  $T_m$ , ч; коэффициент спроса  $k_c$ ; количество установленных двигателей  $D$ , шт; средняя мощность двигателя  $P_{cp}$ , кВт (условный электродвигатель). Система показателей создана таким образом, что возможно автоматически получать  $N$ -распределение любого показателя как в разрезе динамики первого рода и структурно-топологической динамики. ИБД используется по двум направлениям: прогноз и оценка эффективности энергосберегающего функционирования предприятий (менеджмент и энергоаудит); проектные решения.

На первом месте стоят показатели годового электропотребления и получасового максимума нагрузки предприятия. Для предприятия важнейшим показателем является годовой объем электропотребления. Он определяет размеры платы за электроэнергию и, в конечном итоге, влияет на себестоимость продукции. Для действующих предприятий  $P_m$  обычно определяется как заявленный получасовой максимум нагрузки в часы максимума энергосистемы, так как эта величина фиксируется в договоре на пользование электроэнергией и оплачивается предприятием (по двуставочному тарифу). Фактическое значение этого показателя используется для контроля выполнения договорных обязательств. Для проектируемых предприятий эта величина получается расчетным путем и определяет, в общих чертах, построение схемы электроснабжения: источники, линии электропередач, условия присоединения к энергосистеме. Признавая проблему и значимость различных по смыслу понятий "максимум нагрузки" отметим лишь, что уровень современных ЭВМ позволяет поддерживать информационно и технологически и применять согласно смысла и назначения решаемых задач все смыслы понятия - получасовой максимум в утренние часы максимума энергосистемы (вечерние часы); получасовой максимальный максимум за сутки, за год; ночной максимум; расчетный для выбора сечений токоведущих частей с различным интервалом осреднения; расчетный для условий присоединения предприятия к энергосистеме и др. Для нас важно, что любой из этих максимумов на множестве распределен

по N-распределению, что позволяет учесть новый системный смысл во все решаемые задачи электроснабжения и энергосбережения.

Одновременно региональные банки данных позволяет энергосистеме рациональнее строить свою тарифную политику, лучше использовать существующие генерирующие мощности и оценивать необходимость строительства новых электростанций [1]. Регулирование предприятием мощности, потребляемой в часы максимума, имеет большое значение для энергосистемы для выравнивания графиков нагрузки [103].

В систему включено число часов использования максимума нагрузки, определяемый как отношение годового объема электропотребления к заявленному максимуму нагрузки. Значение этого показателя характеризует равномерность графика нагрузки предприятия, что важно для энергосистемы. Чем ближе значение к числу часов в году (8760), тем равномернее график нагрузки. По числу часов использования максимума и заявленному максимуму однозначно определяется показатель годового электропотребления. Кроме того, этот показатель используется для вычисления потерь электроэнергии в элементах системы электроснабжения через время максимальных потерь.

Коэффициент спроса определяется как отношение максимальной мощности предприятия к установленной мощности электроприемников, то есть сумме номинальных активных мощностей электроприемников. При проектировании значения коэффициентов спроса для различных групп электроприемников, производств и предприятий принимаются по справочным данным и по банкам данных. Неправильная оценка коэффициента спроса при проектировании приводит к большим ошибкам в определении расчетных нагрузок, и, следовательно, неправильному выбору элементов схемы электроснабжения. Поэтому очень важно создавать и использовать банки данных электрических показателей. Для действующих предприятий величина коэффициента спроса характеризует использование установленной мощности.

Количество установленных электродвигателей и их средняя мощность определяют систему обслуживания электрического хозяйства, электроремонтную базу, численность электротехнического персонала. По эти показателям также можно рассчитать мощность установленных вращающихся электрических машин. Отношение общего электропотребления к количеству электриков дает значение показателя производительности труда электротехнического персонала, применяемого для расчета штата электриков. Электровооруженность труда определяется как отношение общего электропотребления к количеству работающих на предприятии, и характеризует степень электрификации производства.

Единый подход к описанию электрического хозяйства промышленных предприятий может быть положен в основу взаимодействия банков данных

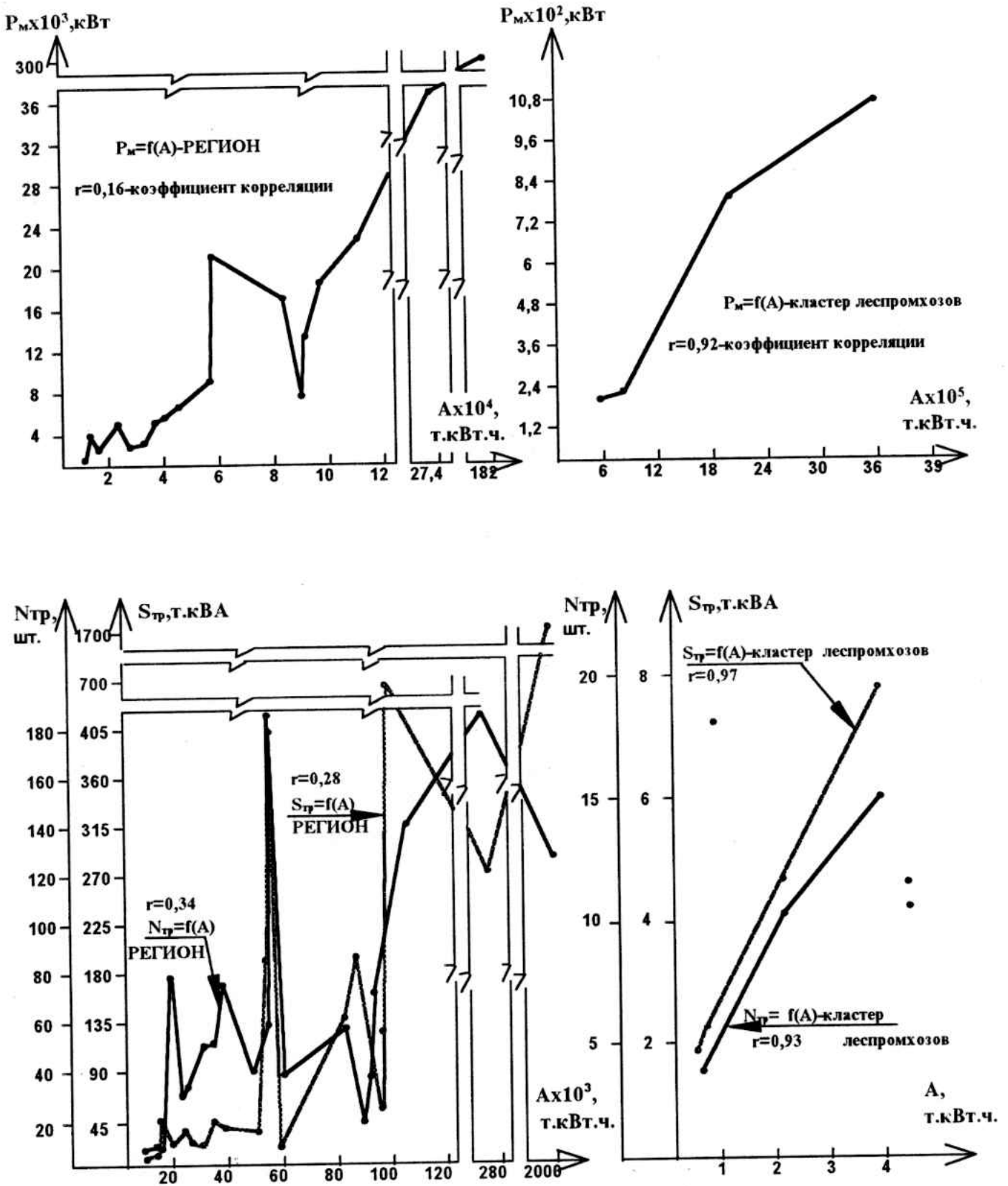


Рис. 4.1.1. Фрагмент корреляционно-информационной базы данных электрических показателей предприятий Хакасии.

на региональных, отраслевых и федеральном уровнях. Это позволит решать задачи регулирования режимов энергосистем и предприятий, определять возможности энергосбережения. Небольшое количество таких показателей по каждому предприятию делает создание банка практически осуществимым.

Одна из задач ИБД - получение регрессионных уравнений между рядами основных электрических показателей для принятия решений по неизвестным показателям используя значения известных. Безусловным оказалось обязательное использование методов кластер-анализа с целью сжатия массивов до "похожих". Например, для Хакасии приведены на рис. 4.1.1 зависимости между некоторыми электрическими показателями, из которых видно, что для массива предприятий в целом регрессионной зависимости нет, а при уменьшении массива до аналогов - леспромхозов определенной величины, технологии, формы собственности, организационно-правовой формы зависимость появляется. Аналогично и для других предприятий. Возможно добиться, чтобы погрешности корреляционно-регрессионных моделей не превышали 5%. Одна из задач - определение максимума мощности для принятия решения о присоединении предприятия к энергосистеме по известной величине годового электропотребления. Достоверность данного подхода доказывают исследования в отрасли черной металлургии [211, 331, 332].

Создание информационных банков данных по электрическому хозяйству предприятий позволяет установить диапазон изменения показателей и выявить особенности технологии и электроснабжения, присущие данному объекту. Предприятия могут быть представлены как точки в  $n$ -мерном пространстве признаков (электрических показателей). Классификация объектов методами кластер-анализа или экспертными методами позволяет выделить группы предприятий, однородных по каким-либо признакам. Дальнейший анализ, сравнительные и оценочные расчеты электрических показателей следует вести внутри таких однородных групп.

#### 4.2. Ценологический анализ структуры максимальной нагрузки

Из применяемых показателей - максимальная нагрузка  $P_m$  является основным электрическим показателем предприятия. Учитывая наличие близкой к функциональной зависимости  $P_m=f(A)$ , прогноз  $P_m$  специально в работе не рассматривается, а формализуется влияние на результат прогноза  $P_m$  ценологического фактора. Для изучения структуры максимальной нагрузки предприятий региона выполнен ранговый  $H$ -анализ - предприятия республики Хакасия располагаются в порядке убывания величины  $P_m$  (пример начала рангового ряда - табл. 4.2.1). Ряд аппроксимируется методом наименьших квадратов гиперболической функцией:



Таблица 4.2.1

Ранговое распределение предприятий региона  
по максимальной нагрузке за 1994 год.

| Ранг | Предприятие | $P_M$ ; о.е. |
|------|-------------|--------------|
| 1    | 7           | 380124       |
| 2    | 3           | 38597        |
| 3    | 76          | 21909        |
| 4    | 38          | 18830        |
| 5    | 36          | 16342        |
| 6    | 53          | 12100        |
| 7    | 5           | 9164         |
| 8    | 72          | 5680         |
| 9    | 4           | 5091         |
| 10   | 6           | 3200         |
| 11   | 74          | 2990         |
| 12   | 29          | 2700         |
| 13   | 37          | 2600         |
| 14   | 47          | 2550         |
| 15   | 40          | 2400         |
| 16   | 33          | 2040         |
| 17   | 39          | 1920         |
| 18   | 20          | 1680         |
| 19   | 54          | 1670         |
| 20   | 66          | 1200         |

$$y = \frac{P_{M0}}{x^{\beta}}, \quad (4.2.1)$$

где  $\beta$ - характеристический показатель, изменение которого во времени отражает внутренние структурные изменения максимальной нагрузки региона. Устойчивость структуры распределения, то есть эффективность системы электрического хозяйства региона в целом и каждого предприятия согласно его места в общей систематизации иллюстрируется таблицей (теоретически при величине  $1 \leq \beta \leq 2$  - структура распределения устойчива).

|         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| год     | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| $\beta$ | 1,25 | 1,31 | 1,46 | 1,75 | 1,90 | 1,90 | 1,90 | 1,86 | 1,81 | 1,87 | 1,86 | 1,82 |

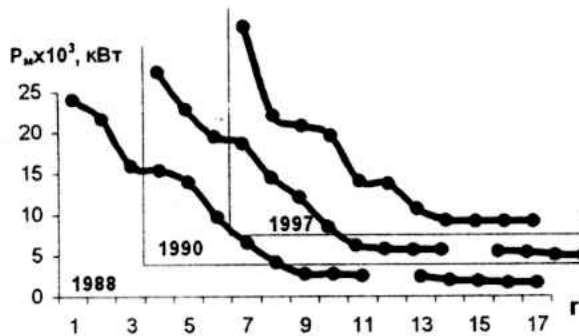
Заметная тенденция роста характеристического показателя говорит о быстро увеличивающемся разрыве в нагрузке несколькими крупнейшими в регионе промышленными предприятиями и о заметном отставании темпов роста максимальной нагрузки основной массы средних и мелких предприятий. В этом смысле, характеристический показатель отражает темп роста гигантомании в регионе и аналогичен показателю электропотребления.

Анализ структурно-топологической динамики рангового распределения подразумевает исследование траекторий движения рангов электропотребления и нагрузки по ранговой поверхности в функции времени. Получение зависимости параметров ранговой плоскости позволяет выполнить прогноз структуры максимальной нагрузки региона на перспективу и исследовать взаимосвязи между этими двумя электрическими показателями.

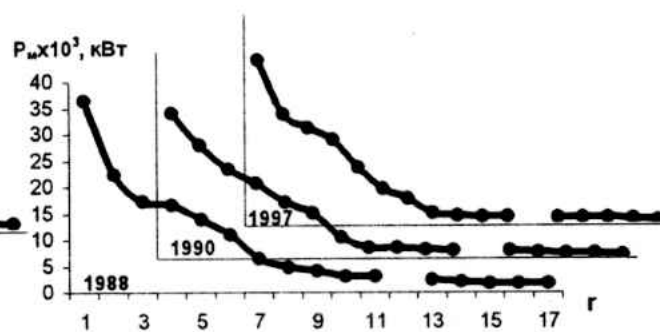
Для исследования взаимосвязи между траекториями движения временных рядов максимальной нагрузки предприятий региона по ранговой поверхности применим коэффициент согласованности (конкордации). Коэффициенты согласованности ранговых распределений максимальной нагрузки 20 наиболее крупных предприятий региона за пять лет (рис. 4.2.1):  $P_{\text{мобш}}=0,99$ ;  $P_{\text{млетнутр}}=0,9$ ;  $P_{\text{млетнвеч}}=0,88$ ;  $P_{\text{мзимнутр}}=1$ ;  $P_{\text{мзимнвеч}}=1$ .

Исследование временных рядов максимальной нагрузки предприятий региона, как траектории движения данных рядов по ранговой плоскости, подтвердило согласованность и взаимокомпенсированность динамики временных рядов отдельных предприятий между собой, несмотря на различие уравнений, описывающих их траектории. Коэффициенты согласованности весьма значимы, так что наблюдаемая согласованность не может быть приписана игре случая. Явление согласованности структурно-топологической динамики максимальной нагрузки региона - есть доказательство устойчивости ранговой плоскости в целом, взаимосвязи на сис-

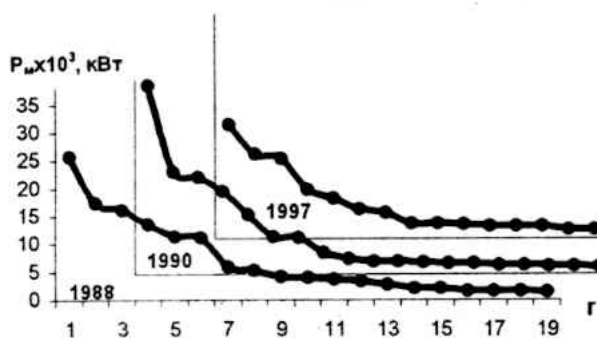
Максимальная зимняя утренняя нагрузка



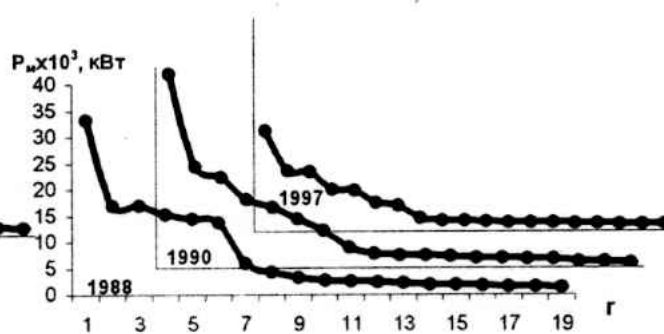
Максимальная зимняя вечерняя нагрузка



Максимальная летняя утренняя нагрузка



Максимальная летняя вечерняя нагрузка



ДИНАМИКА I-рода :

$$P_M = \frac{P_{MO}(t)}{r^{\gamma(t)}} \quad , \quad \gamma = 1,25 \div 1,90$$

ДИНАМИКА II-рода :

$$P_M(r,t) = \begin{cases} P_{M1} = f_1(t) \\ P_{M2} = f_2(t) \\ \cdot \\ P_{Mr} = f_r(t) \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{структурно-} \\ \text{топологическая} \\ \text{динамика} \end{array}$$

|                         |            |            |            |            |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|
| МАКСИМАЛЬНАЯ НАГРУЗКА   | $P_M^{лу}$ | $P_M^{лв}$ | $P_M^{зу}$ | $P_M^{зв}$ |
| КОЭФФИЦИЕНТ КОНКОРДАЦИИ | 0,90       | 0,88       | 1,00       | 1,00       |

Рис. 4.2.1. Ранговое распределение максимальной нагрузки предприятий Хакасии.

темном уровне тенденций развития объектов одного региона, что обуславливается территориальными, административными, техническими и другими факторами.

Для повышения надежности прогнозирования и расчета на перспективу максимальной нагрузки отдельными предприятиями, возможно применение устойчивости рангового распределения, в виде наложения структурного ограничения. Структурное ограничение может представлять собой балансовое уравнение, где суммарная величина нагрузки региона, полученная по прогнозам на отдельные объекты, равна величине нагрузки региона, полученной путем прогнозирования ранговой поверхности.

Ранговое распределение максимальной нагрузки предприятий региона используется для создания информационной базы данных, для исследования взаимосвязей между максимальной нагрузкой отдельных предприятий и комплекса предприятий региона в целом, между максимальной нагрузкой и электропотреблением предприятий. Устойчивое ранговое распределение может применяться в качестве критерия оптимизации структуры и распределения генерирующих мощностей региона. Сущность данного критерия состоит в соблюдении определенных пропорций в количестве крупных, средних и мелких генерирующих единиц при создании высокоэффективной системы электроэнергетики региона; в учете ресурсов нетрадиционных источников электроэнергии, стоимости выработки электроэнергии и ее транспортировки и т. п.

Учитывая давние предложения [24, 47, 170, 322, 338, 350], особенно такая постановка актуальна в определении структуры, количества независимых источников электроэнергии различной мощности для реализации методологии и технологии унифицированных ячеек систем электроснабжения малых предприятий.

Таким образом:

1. На основании анализа структурно-топологической динамики максимальной нагрузки региона, доказана устойчивость видовых распределений данных показателей, подтверждается согласованность и взаимокompенсированность динамики временных рядов отдельных предприятий между собой.

2. Тенденции изменения во времени нагрузки как системного электрического показателя электроснабжения предприятия систематизируются динамикой первого рода и описываются ранговой поверхностью.

3. Максимальная нагрузка рассчитывается точнее если учитывать кроме обычного расчета для принятия перспективных решений структурно-топологический расчет максимальной нагрузки каждого через все.

4. Показано, что возможно применение устойчивости ранговых распределений для повышения точности прогнозирования электрических



показателей, в виде наложения структурного ограничения, а так же в качестве критерия оптимизации распределения генерирующих мощностей.

#### 4.3. Ценологическая оценка регулировочных возможностей активной мощности нагрузки

Введение двухставочного тарифа имело своей целью выравнивание графика нагрузки в различное время суток. Однако, как показывает практика, предприятия заявляют в договорах максимальную нагрузку выше фактической на 8-12 %, перестраховываясь от штрафов за превышение заявленной максимальной нагрузки, либо наоборот ошибочно занижают. Точное определение максимальной нагрузки, а не завышение не стимулируется системами штрафов. С целью оценки возможности снижения нагрузки в часы максимума энергосистемы, было предложено ввести оценку по числу часов использования максимальной нагрузки  $T_M$  [103, 154]. В настоящем разделе проведена такая оценка применительно к предприятиям республики Хакасия. Согласно методике определяется годовое число часов использования максимальной нагрузки:

$$T_M = \frac{A}{P_M^Z}, \quad (4.3.1)$$

где  $A$  - среднегодовой расход электроэнергии;  $P_M^Z$  - заявленная максимальная нагрузка в часы максимума энергосистемы. При  $T_M$  свыше 6 000 часов энергосистема выплачивает предприятию за каждый регулирующий 1 кВт определенную сумму (например 30 условных единиц). Средства для таких выплат изымаются у предприятий,  $T_M$  которых менее 5000 часов. Введение оценки по  $T_M$  способствует и переходу предприятий на 2-3-х сменный режим работы.

В качестве примера рассмотрим использование данной методики применительно к Хакасии на основе данных по электропотреблению и максимальной нагрузке предприятий за 1995 год. Рассчитано годовое число часов использования максимальной нагрузки на двадцати предприятиях из 70 крупных (таб. 4.3.1). Определена величина недосниженного максимума нагрузки  $\Delta P_M^H$  для предприятий с  $T_M < 5000$  часов:

$$\Delta P_M^H = P_M^F - \frac{A}{5000}, \quad (4.3.2)$$

где  $P_M^F$  - фактически заявленный и пересниженный максимум нагрузки.

$\Delta P_M^H$  для предприятий с  $T_M > 6000$  часов:

$$\Delta P_M^n = \frac{A}{6000} - P_M^F \quad (4.3.3)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 4.3.1.

По результатам расчетов для задействованных предприятий будет сниматься с потребителя с  $T_M < 5000$  час. на общую сумму:

$$D_{OB}^{CH} = 19587 \times 30 = 587610 \text{ у.е.} \quad (4.3.4)$$

Будет выплачиваться предприятиям с  $T_M > 6000$  час. на общую сумму:

$$D_{OB}^B = 15893 \times 30 = 476790 \text{ у.е.} \quad (4.3.5)$$

Полученная разница:

$$\Delta D = D_{OB}^{CH} - D_{OB}^B = 587610 - 476790 = 110820 \text{ у.е.} \quad (4.3.6)$$

может идти в фонд накопления будущих доплат, либо на технические мероприятия по регулированию нагрузки в часы максимума в энергосистеме. Если большинство предприятий региона будет иметь  $T_M > 6000$  часов, т. е. сумма доплат будет во много раз превышать сумму собранную за недосниженный максимум, тогда, чтобы потребители были заинтересованы поддерживать на предприятиях такой режим, можно будет подсчитать экономический эффект, полученный за счет этих регулировочных мероприятий, для энергосистемы и несколько снизить для таких предприятий основную плату за 1 кВт заявленной мощности.

Таким образом показано, что применение методики к предприятиям Хакасии: выявило резерв снижения максимальной нагрузки в часы максимума энергосистемы и возможность управления нагрузкой; дает регулировочный эффект снижения максимальной нагрузки и более эффективному использованию мощности при оптимизации генерирующих мощностей региона.

#### 4.4. К расчету электрической нагрузки по уровням систем электроснабжения ценозов

До настоящего времени остается непонятным почему при глубоком теоретическом и практическом доказательстве и поддержке научных школ не изменена на практике процедура определения максимальной нагрузки при проектировании и техническом перевооружении предприятий.

Очевидно, что проблема расчета электрических нагрузок не может решаться в рамках традиционных подходов [153, 200]. Необходимы качественные изменения в методах проектирования, построения, обеспечения функционирования систем типа промышленное предприятие. Требуется кардинальное изменение взглядов на сам объект - систему электроприем

Таблица 4.3.1

Расчет  $\Delta P_M^H$  и  $\Delta P_M^n$  для определения скидок  
и надбавок к оплате за электроэнергию.

| Предприятие | Агод,<br>у.е. | Рм,<br>Заявлен<br>ный,у.е. | Тм,<br>час. | $\Delta P_M^H$ ,<br>о.е. | $\Delta P_M^n$ ,<br>о.е. |
|-------------|---------------|----------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|
| 7           | 4176511       | 682300                     | 6121        | -                        | 13785                    |
| 2           | 100836        | 15300                      | 6602        | -                        | 1506                     |
| 1           | 41646         | 6600                       | 6282        | -                        | 341                      |
| 17          | 27889         | 4600                       | 6052        | -                        | 48                       |
| 53          | 93220         | 16300                      | 5719        | -                        | -                        |
| 51          | 7635          | 2153                       | 3546        | 626                      | -                        |
| 40          | 13963         | 2114                       | 6605        | -                        | 213                      |
| 72          | 36599         | 18000                      | 2033        | 10680                    | -                        |
| 3           | 14866         | 2500                       | 5946        | -                        | -                        |
| 37          | 10119         | 3344                       | 3026        | 1320                     | -                        |
| 54          | 4165          | 1700                       | 2450        | 867                      | -                        |
| 29          | 10682         | 2700                       | 3956        | 564                      | -                        |
| 75          | 1136          | 550                        | 2065        | 323                      | -                        |
| 76          | 114333        | 22000                      | 5196        | -                        | -                        |
| 33          | 7804          | 2580                       | 3029        | 1019                     | -                        |
| 49          | 3311          | 1700                       | 1948        | 1038                     | -                        |
| 44          | 2914          | 800                        | 3643        | 217                      | -                        |
| 15          | 1823          | 650                        | 2805        | 285                      | -                        |
| 39          | 9188          | 2300                       | 3995        | 462                      | -                        |
| 23          | 3320          | 2850                       | 1165        | 2186                     | -                        |
|             |               |                            |             |                          |                          |
| Итого       | -             | -                          | -           | 19587                    | 15893                    |

ников промышленного предприятия как техноценоз [155]. В этой связи публикации [200] говорят об обращении ученых к теории техноценозов, позволяющей на качественно новом уровне представить проблему электрических нагрузок предприятий и предложить методологию ее расширения.

Хотелось бы высказать некоторые соображения, поясняющие место Н-распределения, как одного из основных закономерностей техноценозов в электрических нагрузках промышленных предприятий, учитывая применение предлагаемых в работе и созданных реально на практике информационных баз данных по Н-распределениям основных электрических показателей "Хакасэлектро" для проектных задач.

Существующие методы расчета электрических нагрузок высших уровней системы электроснабжения, базирующиеся на исходных данных по отдельным электроприемникам в философском плане являются носителями организмоцентрических взглядов. Для сложной технической системы в целом - промышленного предприятия попытки рассчитать электрическую нагрузку на основе электрических нагрузок отдельных элементов - электроприемников теоретически не верны, а практически ведут к большим погрешностям. Необходимость перехода к системным методам расчетов электрических нагрузок подтверждается отсутствием нормального закона распределения на множестве значений максимальной нагрузки аналогичных электроприемников.

Согласно "Методическим указаниям по обследованию электрических нагрузок промышленных предприятий" при определении коэффициентов использования используется средняя мощность за наиболее загруженную смену, которая представляется в виде:

$$P_{CMi} = P_{Ci} + \sigma_i \quad (4.4.1)$$

где  $P_{Ci}$  - средняя нагрузка и  $\sigma_i$  - среднеквадратичное отклонение  $i$ -го электроприемника за все обследование смены.

Далее делается предположение нормальности распределения значений средних нагрузок отдельных электроприемников и определяется средняя нагрузка  $n$  электроприемников как сумма:

$$P_{CM}^1 = \sum_{i=1}^n P_{Ci} + \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} \quad (4.4.2)$$

в полном соответствии с законами теории вероятностей.



Большинство исследователей считает что допущение корректным и с этим следует согласиться. Действительно, если исследовать закон распределения средней нагрузки данного электроприемника в конкретном месте, например, электрического двигателя привода металлообрабатывающего агрегата машиностроительного предприятия во времени (за ряд смен), то получится "частный" нормальный закон распределения электрической нагрузки. Будет существовать некоторая оценка (средняя величина) математического ожидания.

Если исследовать закон распределения электрической нагрузки аналогичного металлообрабатывающего агрегата другого машиностроительного предприятия, то также получится другой "частный" нормальный закон распределения. И еще множество "частных" нормальных законов распределения электрических нагрузок соответствующего множеству машиностроительных предприятий. Но исследования показали, что распределение средних нагрузок рассматриваемого характерного электроприемника на множестве машиностроительных предприятий не подчиняется нормальному закону распределения. Оно подчиняется негауссовому устойчивому распределению, для которого при увеличении выборки (в пределе  $n \rightarrow \infty$ ) дисперсия быстро (намного быстрее, чем для нормального закона распределения) устремляется к бесконечности, а в тенденции изменения среднего не наблюдается тенденции к постоянному значению, что и является фактически критерием отсутствия нормального закона.

Аналогичны результаты исследования на третьем и четвертом уровне СЭС, например, на множестве прокатных цехов всех заводов черной металлургии, и, тем более, на уровне предприятия в целом в силу усиливающейся индивидуальности системы.

Установлено, что суммирование нагрузок, начиная с отдельных электроприемников первого уровня, и постепенное продвижение "снизу-вверх" по уровням СЭС в силу негауссового разброса исходных данных (коэффициентов использования) по отдельным электроприемникам приводит, в результате, к одной из оценок средних величин расчетной нагрузки на высшем уровне, которые имеют на множестве также негауссов характер. Вероятность попадания в моду предполагаемого "частного" нормального закона распределения расчетной нагрузки высшего уровня СЭС, таким образом, близка к нулю.

Получаемое на каждом уровне СЭС распределение, скажем, получасового максимума нагрузки по множеству "аналогичных" объектов относится к классу устойчивых негауссовых законов безгранично делимых распределений предельных теорем теории вероятностей, асимптотически не имеющих конечной дисперсии и математического ожидания [60, 101, 303]. Рассходимость моментов устойчивых негауссовых распределений, приво-

дящая к увеличению разброса случайных величин по сравнению с гауссовыми законами, означает, что увеличивается вероятность больших уклонов нагрузок, случайные величины не концентрируются около математических ожиданий: они могут лежать несколько далеко от эмпирического среднего, что понятие среднего теряет всякий смысл. В условиях невозможности применения классических методов, основанных на средних, предложенный системный подход к описанию множества объектов устойчивым ранговым или видовым распределением (в пределе моделью Н-распределения) позволяет после применения специальных методов решать проблему расчета электрических нагрузок в условиях действия негауссовых законов.

Рассмотрим некоторые понятия. Ранговое распределение рассматриваемого параметра (получасового максимума электрической нагрузки) есть зависимость величины параметра от ранга ( $r$ ), иначе порядкового номера параметра при упорядочении его значений на множестве объектов по убыванию.

Заметим, что значения параметра, распределенного как случайная величина по нормальному закону также представима в виде рангового распределения. Отличие рангового негауссового распределения от рангового нормального распределения заключается в наличии существенно больших "хвостов" распределения и что проявляется также в характеристическом показателе. При  $1 < \alpha < 2$  - устойчивые распределения имеют бесконечную дисперсию, при  $0 < \alpha \leq 1$  - устойчивые распределения не имеют ни дисперсии, ни математического ожидания. И лишь при  $\alpha = 2$  в качестве предельного выступает нормальное распределение.

На рисунке 4.4.1 приведены ранговые распределения случайной величины, распределенной по нормальному закону (кривая 1) и по негауссовому закону (кривая 2). Переход к плотности вероятности - дает, соответственно, кривые 3 и 4.

При необходимости переход к видовому распределению осуществляется сверткой рангового: пересчитываются объекты, иначе - количество рангов (количество предприятий для высшего уровня СЭС) с одинаковым значением параметра, в результате чего образуется группа; далее группы, насчитывающие одинаковое число объектов (рангов) объединяются в касты; касты располагаются в порядке уменьшения в них числа групп. В результате по оси абсцисс обозначается количество объектов, а по оси ординат - число групп в касте. Переход к видовому распределению осуществляется с одной стороны, в виду его большей информативности и, с другой, в связи со сложностью аппроксимации длинных "хвостов" рангового распределения. Плотность вероятности видового распределения обладает практически

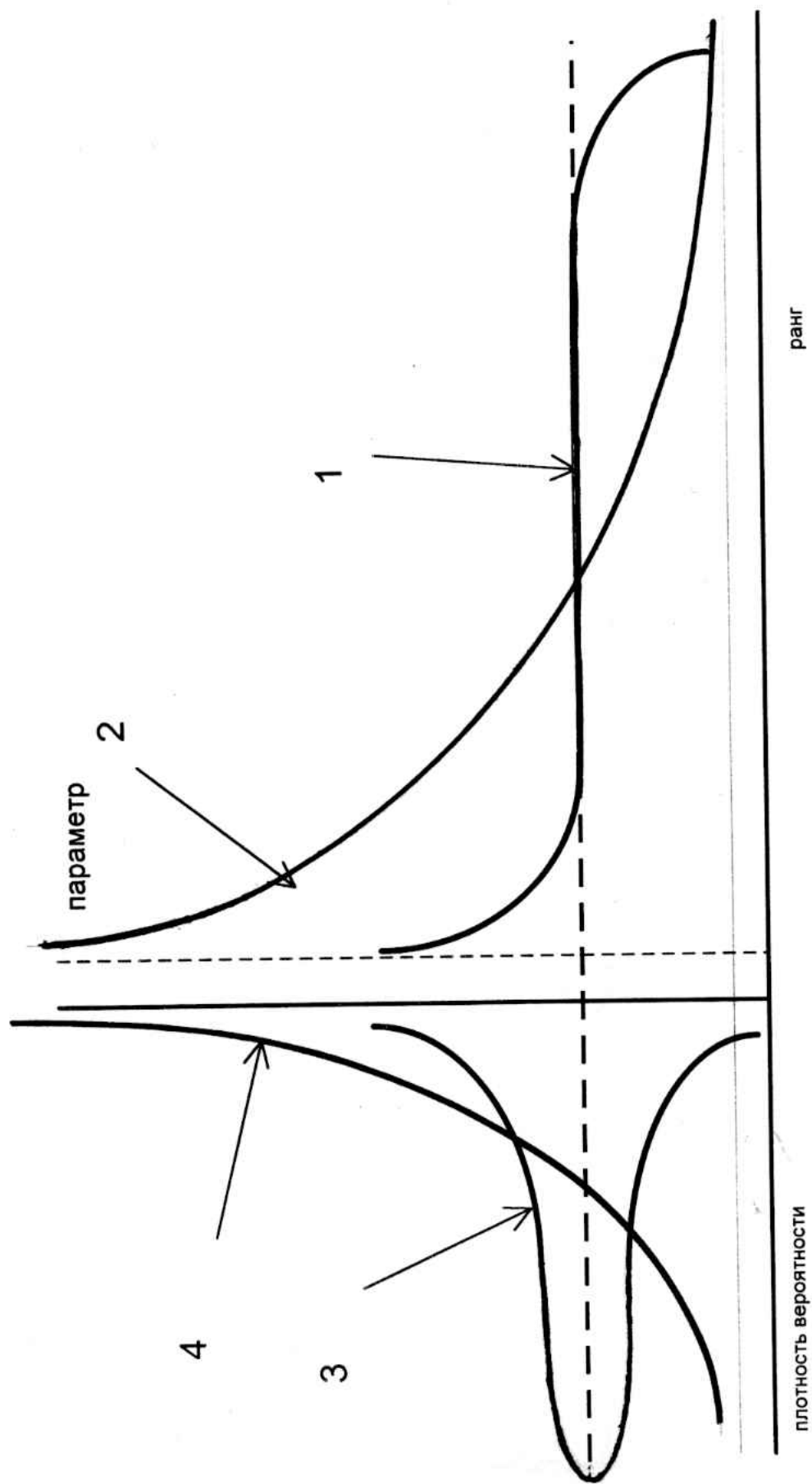


Рис. 4.4.1. Распределение плотности вероятности электрической нагрузки.

такими же свойствами, что и рангового. Ранговые и видовые распределения описываются математически моделью Н-распределения.

Таким образом, приведенное в [188] (и много подобных) распределение мощности электрических двигателей по частоте встречаемости является, по существу, не ранговым (ввиду отсутствия в принципе оси рангов) и, тем более, не Н-распределением, а логнормальным распределением, которое широко применяется для определения числа и мощности электроприемников на всех уровнях СЭС предприятий черной металлургии [42].

Что касается выводов относительно того, что негауссовы свойства Н-распределения не позволяют использовать его в массовых расчетах для математического описания объекта, то хотелось бы заметить, что негауссовы свойства говорят о невозможности использования методов, основанных на средних. Это, как раз, и говорит о необходимости, опираясь на устойчивость Н-распределения, разрабатывать методы решения задач промышленной электроэнергетики.

Фактически применение комплексного метода расчета электрических нагрузок означает, что на основе информационной базы данных по уровням СЭС с помощью теории распознавания образов производится разбиение Н-распределения множества аналогов уровня на группы, в которых выполняется нормальный закон распределения электрической нагрузки и возможно ее определение достаточно простыми методами. При этом необходимо согласиться с [329], что проблема повышения достоверности расчета электрических нагрузок может и будет решена только на уровне базы знаний. В [332] осуществлена формализация комплексного метода расчета электрических нагрузок, где Н-распределение рассматривается применительно к установленному электрооборудованию одного объекта - предприятия для доказательства индивидуальности каждой системы и обоснования, тем самым, обязательности применения классификации предприятий черной металлургии. Перспективным для совершенствования комплексного метода является применение [17] Н-распределения множества предприятий по удельным расходам электроэнергии непосредственно в качестве критерия их классификации.

## **ВЫВОДЫ по главе IV**

1. Ранговое распределение максимальной нагрузки предприятий региона используется для создания информационной базы данных, для исследования взаимосвязей между максимальной нагрузкой отдельных предприятий и комплекса предприятий региона в целом, между максимальной нагрузкой и электропотреблением предприятий. Тенденции изменения во времени нагрузки как системного электрического показателя



электроснабжения предприятия систематизируются динамикой первого рода и описываются ранговой поверхностью.

2. На основании анализа структурно-топологической динамики максимальной нагрузки региона доказана устойчивость видовых распределений показателей, подтверждается согласованность и взаимокompенсированность динамики временных рядов отдельных предприятий между собой. Коэффициенты конкордации значимы. Максимальная нагрузка рассчитывается точнее если учитывать кроме обычного расчета для принятия перспективных решений структурно-топологический расчет максимальной нагрузки каждого через все аналогично расчетам по электропотреблению.

3. Устойчивое ранговое распределение применяется в качестве критерия оптимизации структуры и распределения генерирующих мощностей региона. Сущность данного критерия состоит в соблюдении определенных пропорций в количестве крупных, средних и мелких генерирующих единиц при создании высокоэффективной системы электроэнергетики региона; в учете ресурсов нетрадиционных источников электроэнергии, стоимости выработки электроэнергии и ее транспортировки.

4. На базе ценологической оценки регулировочных возможностей активной мощности нагрузки всех предприятий Хакасии доказано наличие резерва снижения этой мощности в часы максимума энергосистемы, возможность управления ею экономическими методами и более эффективному использованию мощности нагрузки предприятий региона при оптимизации генерирующих мощностей.

5. Показано, что проблема расчета электрических нагрузок не может решаться в рамках традиционных подходов. Необходимость перехода к системным методам расчетов электрических нагрузок подтверждается отсутствием нормального закона распределения на множестве значений максимальной нагрузки аналогичных электроприемников. Доказана принадлежность этого закона негауссовым  $N$ -распределениям. Показано, что применение комплексного метода расчета электрических нагрузок фактически означает, что на основе информационной базы данных по уровням систем электроснабжения с помощью теории распознавания образов производится разбиение устойчивого негауссового  $N$ -распределения множества аналогов уровня на группы, в которых выполняется нормальный закон распределения электрической нагрузки и возможно ее определение достаточно простыми методами.