

делей электропотребления применялись статистические пакеты STAT-GRAPHICS, STADIA, Эвриста.

Сложность (вид) моделей всех групп, значения коэффициентов уравнений, предпочтительный аргумент, внешние факторы и т.д. индивидуальны для каждого предприятия различных уровней системы электроснабжения, для разных временных интервалов, для различного периода осреднения (электропотребление годовое, поквартальное, ежемесячное, посуточное), для различных целей (проектирование или действующее предприятие).

Как результат – практически счетное (бесконечное) множество моделей (не менее 300 методов), которое может быть представлено в виртуальном образе лишь в какой-то момент времени для какого-либо периода упреждения. Для иных условий и момента времени факторы, временные шаги, модели перестраиваются автоматически и могут быть уже иными для иного принятия решения [320].

3.3.2. Макроиндикаторы выбора адекватных моделей прогнозирования электропотребления предприятий с учетом ценологического влияния

3.3.2.1. Структурно-топологический расчет электропотребления предприятия

Уравнение (3.1.3.4) наводит на мысль о возможности решения уравнения в направлении поиска параметров одной из траекторий через параметры других траекторий и параметров рангового распределения в целом, что позволяет выполнять прогноз электропотребления с учетом системного ограничения по структуре электропотребления региона в целом.

В результате появляется метод структурно-топологического расчета потребности в электропотреблении каждого предприятия региона через устойчивость структуры рангового N -распределения по электропотреблению всех предприятий региона:

$$A_k = \sum_{i=1}^r A(r, t) - \sum_{i=1}^r [A_i(t) - A_k(t)], \quad (3.3.2.1.1)$$

где A_k - электропотребление расчетного предприятия.

Первая сумма может быть получена двумя способами: 1. Моделированием траектории суммарного электропотребления Хакасии. Прогноз электропотребления отдельного предприятия менее точен, чем прогноз электропотребления всей республики (более гладкий ряд) - площадь под кривой рангового N -распределения; 2. Прогнозированием поверхности по

динамике первого рода, то есть через модельную поверхность. Необходимо знать исходные данные: первую точку траектории и ранговый показатель β . Если продлить эту поверхность - получится Н-распределение, затем через моделирование получается каждая точка этого распределения. Суммируя все точки, получается прогноз электропотребления республики - ошибка более 10%.

Вторая сумма - электропотребление всей республики без одной (искомой) траектории. Ясно, что баланс будет не соблюдаться на величину электропотребления этого предприятия. Разница между этими прогнозами дает величину электропотребления отдельного предприятия. То есть в предельном случае - не зная параметров траектории конкретного предприятия возможно получение прогноза его электропотребления через окружающие предприятия, не зная динамики этого предприятия и не учитывая никаких внутренних параметров. Ошибка такого расчета оценивалась автоматически каждый раз при получении прогноза по каждому предприятию.

3.3.2.2. Оценка жизнеспособности предприятия по электропотреблению

Республика Хакасия находится на 28-м месте (1996г.) по годовому электропотреблению среди 72 регионов (энергосистем) Российской Федерации, которые структурно (табл. 3.3.2.2.1) описываются ранговым распределением с $\beta=0,97$. Если рассмотреть Хакасию как элемент-особь в структуре ценоза - России, то тогда суммарное годовое электропотребление Хакасии будет точкой на кривой рангового распределения, а вся совокупность энергосистем России представляет собой структурно-топологическую динамику.

Поверхность рангового распределения энергосистем России как и предприятий Хакасии во времени меняется. При общем падении электропотребления в России ранговая поверхность Хакасии в 1990-1996 гг. росла, что воздействует на траектории каждого предприятия. Интерес представляет формализация систематизации избыточных и дефицитных регионов. Тогда для Хакасии важно - каким образом вписывается «ценоз Хакасия» в структуру «макроценоз Россия» на структурно-топологической динамике страны, но рассмотрение этого вопроса выходит за рамки специальности настоящей работы. Поэтому динамика электропотребления Хакасии в рамках России исследована как некоторый относительный динамический индикатор для принятия решения по электропотреблению каждого предприятия в рамках Хакасии: как принимать решение

по расчетам электропотребления на перспективу для каждого предприятия в условиях роста (падения) электропотребления в регионе в рамках роста (падения) электропотребления по стране в целом.

Основываясь на индикаторах технического анализа [190], предложено развитие теории технического анализа. Для принятия решения по электропотреблению предприятия важно поведение вышестоящей системы. Пусть дано электропотребление r -го предприятия, скажем ПО «Абаканвагонмаш», в рамках Хакасии. Траектория, поделенная на общее электропотребление, (доля траектории в общем электропотреблении), растущая в абсолютном значении, в доле может падать. Поэтому введена относительная величина - электропотребление r -й траектории, поделенное на электропотребление всей Хакасии. Это как бы оценка потенциала, заложенной системой более высокого порядка:

$$A_r^{PX} = \frac{A_r}{A_{PX}}, \quad (3.3.2.2.1)$$

где A_r - электропотребление r -го предприятия; A_{PX} - электропотребление республики Хакасия в целом.

Далее по методу скользящей средней относительно ряда (3.3.2.2.1) проводится тренд (не вдаваясь в подробности программного обеспечения), который имеет какой-то угол по отношению к оси. Этот угол - как скорость изменения доли электропотребления каждого предприятия в общем электропотреблении региона и есть макроиндикатор развития технического анализа - индекс жизнеспособности предприятия (ЖСП) по электропотреблению:

$$A_r^{PX} f(t) \rightarrow SR_r^{PX} f(t) \rightarrow \theta_r^{PX}, \quad (3.3.2.2.2)$$

где SR - скользящая средняя порядка t ряда (3.3.2.2.1); θ - индекс ЖСП по электропотреблению, он же угол наклона скользящей средней, град.

Для ряда предприятий Хакасии (трех характерных групп) макроиндикатор изображен на рис. 3.3.2.2.1: положительный, отрицательный, стабильный ($\theta_{NB} = 7^\circ$ - ЖСП виртуального электропотребления кастой малых предприятий). Суммарный индекс ЖСП всех предприятий Хакасии за 1990 - 1996 гг. составил:

$$\theta_\Sigma = \sum_{r=1}^{76} \theta_r^{PX} \pm \theta_{NB}^{PX} = -9^\circ. \quad (3.3.2.2.3)$$

Расчет такого же показателя - электропотребление Хакасии в рамках электропотребления России (ЖСП Хакасии) (рис. 3.3.2.2.2):

$$\theta_{PX}^{PФ} = 24^\circ. \quad (3.3.2.2.4)$$

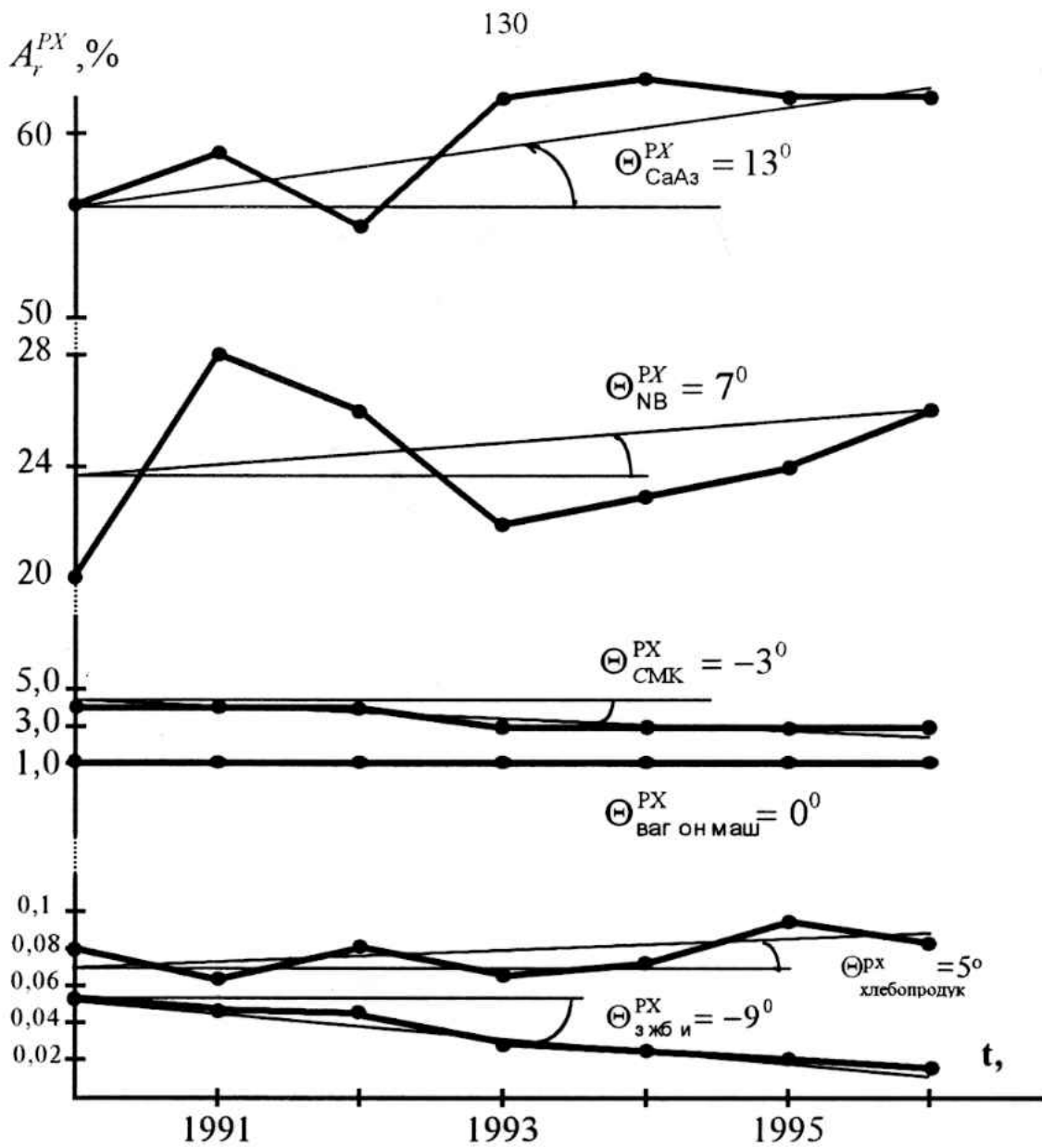


Рис. 3.3.2.2.1. Технические макроиндикаторы развития по электропотреблению предприятий Хакасии

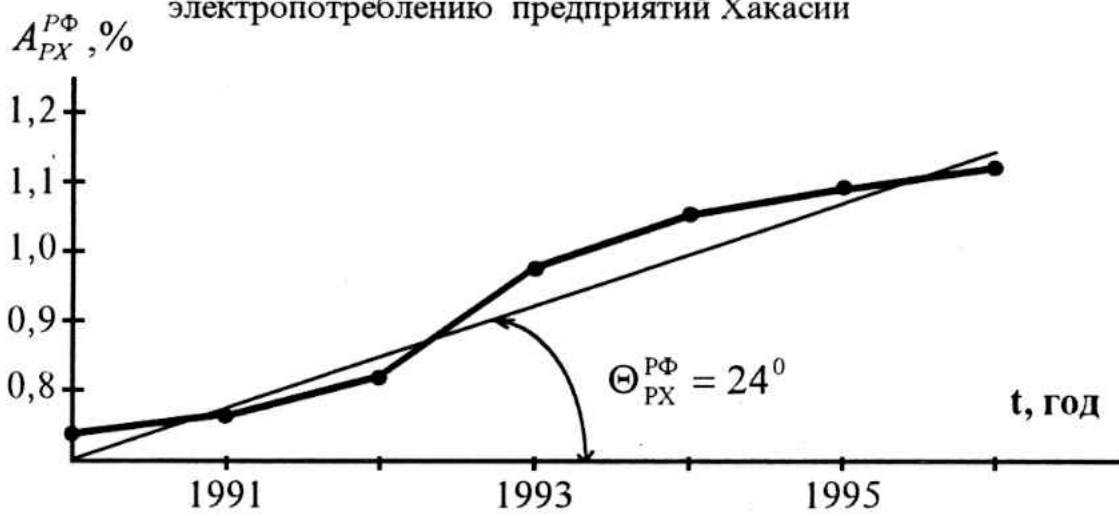


Рис.3.3.2.2.2. Макроиндикатор развития по электропотреблению Хакасии в целом

Главное значение для принятия решения имеет соотношение индекса ЖСП предприятия в рамках Хакасии по отношению к ЖСП Хакасии в рамках России. Изменение электропотребления Хакасии относительно России сильно влияет на изменение i -го предприятия в рамках Хакасии. В условиях рынка предприятия между собой борются за выделенный ресурс. Формализация силы этой борьбы, выраженная в сравнительной оценке индексов ЖСП и есть учет внешних и внутренних факторов, совокупно действующих на процесс электропотребления конкретного предприятия. В этом основной смысл учета параметров электроснабжения каждого через все.

Классифицированы варианты результатов сравнительной оценки индекса ЖСП предприятий при принятии решений:

1. $\theta_r > \theta_{PXr}$ - электроэнергия является лимитирующим ресурсом. ПРЕИМУЩЕСТВО ВНЕШНИМ ФАКТОРАМ.
2. $\theta_i = \theta_{PXr}$ - гармоническое сочетание внутренних и внешних факторов функционирования систем электроснабжения предприятия. ВНЕШНИЕ И ВНУТРЕННИЕ ФАКТОРЫ РАВНОЗНАЧНЫ.
3. $\theta_r < \theta_{PXr}$ при: $\theta_{PXr} > 0$; $\theta_r > 0$ - электроэнергия не является лимитирующим ресурсом; предприятие ведущее (уверенно жизнеспособное). ПРЕИМУЩЕСТВО ВНУТРЕННИМ ФАКТОРАМ.
4. $\theta_r < \theta_{PXr}$ при: $\theta_{PXr} > 0$; $\theta_r < 0$ - электроэнергия не является лимитирующим ресурсом; предприятие загнивающее (потенциально жизнеспособное). ПРЕИМУЩЕСТВО ВНЕШНИМ ФАКТОРАМ.
5. $\theta_r < \theta_{PXr}$ при: $\theta_{PXr} < 0$; $\theta_r < 0$ - электроэнергия не является лимитирующим ресурсом; предприятие загнивающее (не жизнеспособное). ПРЕИМУЩЕСТВО ВНУТРЕННИМ ФАКТОРАМ.

Хотя и невозможно перечислить и формализовать все действующие факторы на формирование системного показателя (в данном случае электропотребления предприятия) все же некоторые можно назвать для представления об общей классификации. Внутренние: технология, сырье, внутренние инвестиции (наличие оборотных средств), ... Внешние: ограничения по выделенным на регион ресурсам, пропускная способность линий и подстанций, внешние инвестиции, наличие в регионе конкурентов (в первую очередь монополистов), ...

Приведены пять различных вариантов изменения индекса ЖСП предприятий по отношению к индексу ЖСП Республики Хакасия. Из них видно, например, индекс ЖСП Республики Хакасия с положительным углом и увеличивается. Индекс ЖСП ПО Абаканвагонмаш - константа. Если взять еще два года, то он немного падает. Это означало, что при

принятии решения преимущество должно отдаваться внешним факторам. Например, получили два значения прогноза: по внутренним факторам и по внешним. Если преимущество отдается внешним факторам по макроиндикаторам технического анализа, то должен приниматься во внимание прогноз электропотребления Абаканвагонмаша, основанный не на основных электрических показателях, а прогноз через все остальные. Технология и совокупность рыночных факторов такова, что ресурс большой в Хакасии и рано или поздно это предприятие должно начать рост электропотребления, то есть оно жизнеспособно, и нельзя не учитывать этого в моделях прогноза электропотребления, других расчетах потребности на перспективу. Пятилетний опыт последних лет наблюдения за данным предприятием подтверждает теоретические выводы.

Еще один из существенных результатов анализа: от ЖСП предприятия № 7 не отстает и ЖСП касты малых предприятий. Если учесть, что ничто так хорошо как электропотребление не отражает внутренние процессы в экономике, это означает большой потенциал малого бизнеса в экономике Хакасии в целом (половина индекса ЖСП регионообразующего предприятия №7). Это еще одно доказательство устойчивости структуры Н-распределения: не только в абсолютном выражении Н-распределение симметрично, но и вторая производная - скорость, доля, электропотребления тоже почти скомпенсированы. Наши расчеты говорят о возможности развития малый бизнес в два раза для идеального представления экономики макроценоза - Хакасии.

В области экнергосбережения значение оценки ЖСП можно сформулировать следующим образом. Стратегия экономии электроэнергии должна строиться исходя из того, избыточен регион рамках Российской Федерации или дефицитен. Соответственно и методы экономии электроэнергии на конкретном предприятии должны быть различны. Если в целом индекс ЖСП Хакасии в рамках России растет, то каждому предприятию выгодно и должны быть жесткие региональные программы энергосбережения - системно заставляющие предприятия экономить. Если же индекс ЖСП Хакасии ниже ЖСП России, то каждое предприятие вынуждено больше внутренних мероприятий применять для энергосбережения, внутри своего производства, систем электроснабжения.

3.3.2.3. Процедура выбора адекватных моделей прогнозирования электропотребления предприятий

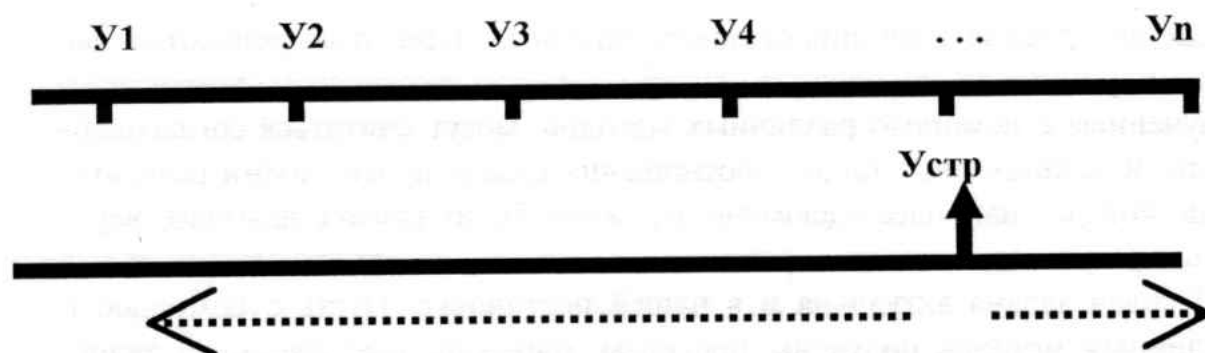
Для прогнозирования электропотребления предприятий привлечены различные методы, которые позволяют получить различные оценки и с различной достоверностью результатов. В [234] предлагается объединение прогнозных результатов, так называемый синтез прогнозных оценок в

целях построения комбинированного прогноза. При этом решаются две задачи: установление области, внутри которой прогнозные результаты, полученные с помощью различных методов, могут считаться согласованными, и установление такого соотношения между прогнозными результатами, которое наиболее адекватно отражало бы их связь с наиболее вероятным результатом прогнозирования.

Первая задача актуальна и в нашей постановке. Пусть с помощью k различных методов получены прогнозы, определяемые средними значениями Y_1, Y_2, \dots, Y_k и среднеквадратичными отклонениями $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_k$. Прогнозы считаются согласованными, если они принадлежат области, которую можно определить как $(Y_i \pm S\sigma_i)$, где S - некоторое число, определяющее границы области, внутри которой прогнозы можно считать согласованными при заданном уровне вероятности. Такие границы определяются для всех прогнозов $i=1, 2, \dots, k$ при постоянном S , и выбираются минимальная нижняя и максимальная верхняя границы по всей совокупности полученных результатов. Данная область рассматривается как множество значений прогнозируемой переменной, обладающих наибольшей вероятностью для каждого используемого метода прогнозирования.

Вторая задача, решаемая в [234] как определение средневзвешенного результата прогноза, полученного различными методами (при условии непротиворечивости) с учетом их достоверности, применительно к электропотреблению предприятия в условиях меняющихся экономических реформ, сталкивается с проблемой негауссовости распределения ошибок прогноза различными методами. Тогда неверно усреднение прогнозных значений результатов прогноза различными методами. Кроме того, различная достоверность в меняющихся условиях играет меньшую роль, чем принятие решения по оценке веса внешних или внутренних факторов.

Допустим при расчете перспективного электропотребления какого-либо предприятия Республики Хакасия различными моделями получаем ряд значений электропотребления, которые можно разделить на полученные путем моделирования при учете только внутренних параметров, моделировании при учете только внешних параметров, либо смешанного моделирования. Разброс результатов прогнозирования достигает 1:10. Далее необходимо принять решение: какое из этих прогнозных значений электропотребления принять для планирования, заявки и т.д. Для процесса принятия решения использованы значения электропотребления, полученные структурно-топологическим расчетом, и индекс жизнеспособности предприятий, который можно проиллюстрировать следующим индикатором:



где U_1, U_2, \dots, U_n - ряд значений электропотребления конкретного предприятия, полученные различными моделями; $Устр$ - значение электропотребления того же предприятия, полученное структурно-топологическим расчетом.

Если индекс ЖСП указывает на превалирующее значение внешних факторов, то значению $Устр$ придается большой вес и с уверенностью можно сказать, что искомое значение электропотребления с большой вероятностью будет совпадать с расчетным значением - U_5 . Вероятнее всего, что модель, по которой получено значение U_5 построена на внешних, системных факторах, влияющих на процесс электропотребления.

Если индекс ЖСП указывает на превалирующее значение внутренних факторов, то значению $Устр$ необходимо придавать малый вес, вернее оно в этом случае указывает на значение электропотребления, противоположное искомому, которое с большой вероятностью будет совпадать с расчетным значением U_1, U_2, U_3 . Точнее, с тем из этих противоположных, которое получено по модели, опирающейся в основном на внутренние факторы (объем и номенклатура производства, качество сырья и др.).

Необходимо иметь в виду, что описанная процедура действует лишь при соблюдении правил технического анализа, например, необходимо постоянное отслеживание действия тренда.

С использованием в качестве исходного материала множества (более 200) моделей информационной базы данных "Хакасэлектро" описания процессов электропотребления, опираясь на процедуру выбора адекватных моделей прогнозирования электропотребления предприятий Хакасии можно в виртуальном информационном пространстве "Центра системных исследований" (г. Абакан) получить в любой момент (действующую на данный момент и на заданный период прогнозирования) в интерактивном режиме модель электропотребления любого предприятия Хакасии из пойнтер-касты и конкретное прогнозное значение электропотребления. Для предприятий пойнтер-касты в основном (за исключением нескольких, близких к первой касте) наиболее адекватны - экстраполяционные модели с экспоненциальным сглаживанием.

Таким образом: 1. Технический анализ динамики показал устойчивость развития суммарного электропотребления Хакасии, особенность которой, в общем распределении регионов по растущим и падающим, заключается в снижении суммарного годового электропотребления в период экономических реформ; 2. Решения по предпочтительности методов расчета потребности в электроэнергии конкретного предприятия и определять стратегию энергосбережения в системах электроснабжения предприятий следует на основе разработанного структурно-топологического расчета потребности в электроэнергии предприятия и макроиндикатора технического анализа - оценки жизнеспособности предприятия по электропотреблению.

3.3.3. Уменьшение погрешности технического анализа в принятии решения по расчетам электропотребления

Сущность ошибки структурно-топологического расчета траектории (включая прогнозные значения) электропотребления отдельного предприятия заключается в следующем. Из одной большой величины (суммы) B_1 в формуле (3.3.2.1.1) вычитается меньшая большая величина (сумма) B_2

$$\left[B_1 \pm \sigma_1 \right] - \left[B_2 \pm \sigma_2 \right] = A_r \pm \sigma_c, \quad (3.3.3.1)$$

в результате получается значение электропотребления искомого предприятия через все, системная ошибка - σ_c , ошибка модели поверхности (динамика первого рода) - σ_1 и ошибка синтеза структурно-топологической динамики (динамика второго рода) - σ_2 . Представляет интерес исследование теории ошибок в смысле соотношения: $\pm \sigma_1 \pm \sigma_2 = \sigma_c$, но это выходит за рамки данной работы. Ограничимся явными путями снижения погрешности структурно-топологического расчета, на основе [280]. Вариант, когда значение искомого электропотребления для принятия решения имеет не столько абсолютное значение прогноза, а направление траектории (угол тренда) будет рассмотрен ниже.

Способом уменьшения может быть уточнение моделей описания траекторий отдельных предприятий на ранговой поверхности и синтеза структурно-топологической динамики, но более существенно уменьшение больших сумм. На 1% уменьшает погрешность отбрасывание первого по рангу предприятия №7. Отбрасывание одного крупного предприятия из головы рангового распределения позволяет добавить к хвосту распределения сразу несколько (до десяти). Тогда предлагается усовершенствовать процедуру отбрасывания - разбить ранговое распределение, как бы, на движущуюся от головы распределения к хвосту зону, выполняя структурно-топологический расчет пошагово. Расчеты показали, что для предпри-