

## 5. УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ МЕТОДАМИ ZP-АНАЛИЗА

### 5.1. Потенширование электропотребления

Для того чтобы переломить негативные тенденции в области энергосбережения и существенно повысить энергоэффективность российской экономики, требуется внедрение в системах управления региональными, промышленными и корпоративными электротехническими комплексами методики оптимального управления электропотреблением, включающей этапы создания базы данных, выявления аномальных объектов, прогнозирования, нормирования, а также потенцирования.

Одной из ключевых процедур оптимального управления техноценозом является процедура потенцирования, которая составляет предмет исследования в настоящей главе и заключается в определении потенциала энергосбережения, на величину которого на данном временном интервале может быть сокращено электропотребление техноценоза без ущерба его нормальному функционированию. Потенциал энергосбережения – полученная на расчетную глубину времени абсолютная разница между электропотреблением техноценоза без реализации энергосберегающих процедур, с одной стороны, и электропотреблением, соответствующим нижней границе переменного доверительного интервала, с другой. Тонким дополнением к стандартной процедуре потенцирования является ZP-анализ, под которым понимается тонкая процедура управления электропотреблением, осуществляемая на этапе потенцирования с целью разработки ZP-плана энергосбережения техноценоза. В основе ZP-анализа лежит методика оценки Z-потенциала, причем в качестве конечного рассматривается ранговое параметрическое распределение, соответствующее нижней границе переменного доверительного интервала, полученного в процедуре интервального оценивания после ZP-нормирования. ZP-планирование предусматривает для каждого объекта на каждом временном интервале управляющие воздействия, поставленные в зависимость от дифлекс-параметров. Важным элементом ZP-анализа является мониторинг результативности энергосбережения, который осуществляется с помощью показателя конверсии, который показывает, насколько адекватно премиальные средства конвертировались в снижение электропотребления.

Итак, на этапе построения эмпирической модели осуществляется статистическая обработка данных по электропотреблению объектов техноценоза, которая включает взаимосвязанные процедуры рангового анализа. Как известно из работ [15-20], основными процедурами методики оптимального управления электропотреблением являются следующие: формирование базы данных, интервальное оценивание, прогнозирование и нор-

мирование. Предлагается дополнить их еще одной важной процедурой – потенцированием (от английского «potential» – «потеншл») (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Методика оптимального управления электропотреблением

Применительно к электроэнергии процедура потенцирования сводится к определению и последующему использованию в процессе управления потенциала энергосбережения. Здесь следует отметить терминологическую особенность, заключающуюся в том, что, следуя традиции, понятие энергосбережения мы будем относить лишь к электроэнергии, что позволит избежать понятия «электросбережение», которое почти не находит применения в современной научной литературе и нормативных документах. Не будем мы применять и выражение «экономия электроэнергии», которое со словом «потенциал» составляет достаточно громоздкую фразу и в современной литературе не встречается. Таким образом, в методике оптимального управления электропотреблением под потенцированием будем понимать процедуру, заключающуюся в определении потенциала энергосбережения, на величину которого на данном временном интервале должно быть сокращено электропотребление техноценоза без ущерба нор-

мальному функционированию объектов. Определим ключевое в процедуре потенцирования понятие потенциала энергосбережения (рис. 5.2).

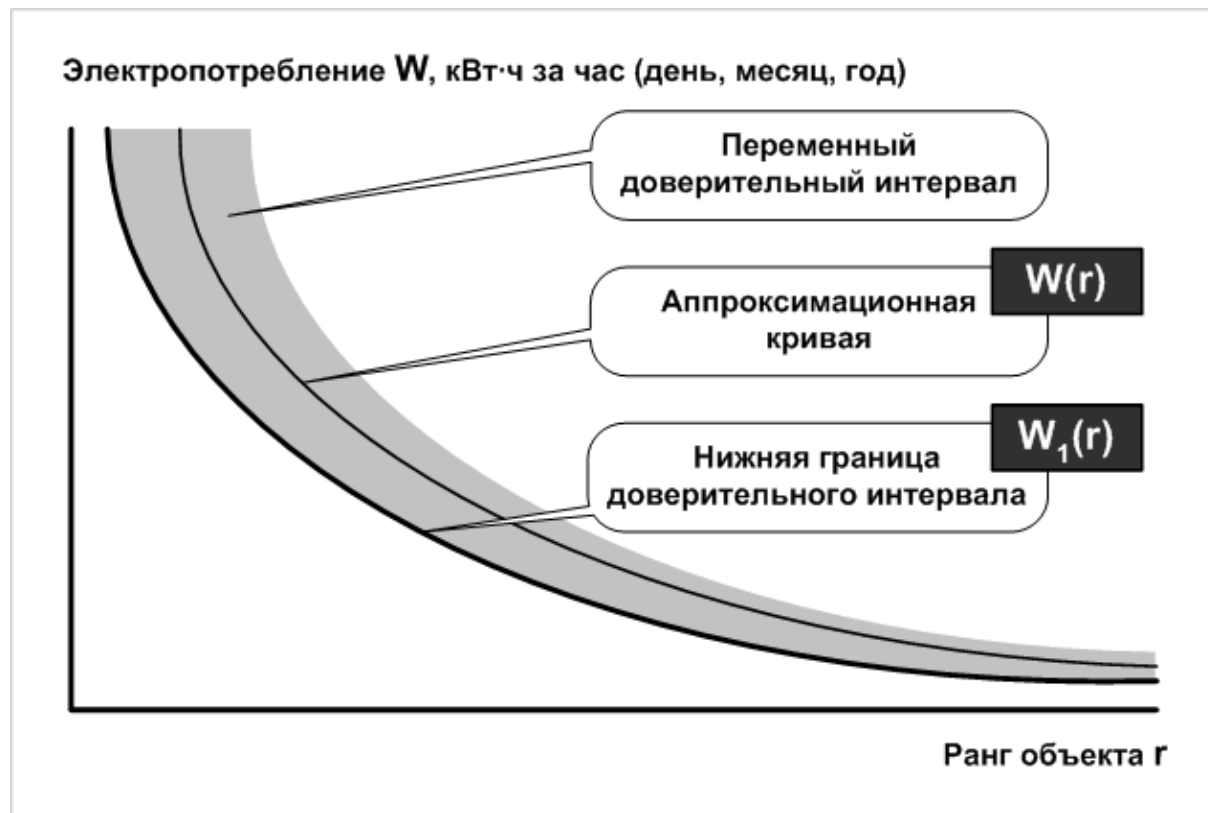


Рис. 5.2. К понятию системного потенциала энергосбережения техноценоза

Потенциал энергосбережения (системный потенциал энергосбережения) – полученная на расчетную глубину времени абсолютная разница между электропотреблением техноценоза (в кВт·ч) без реализации энергосберегающих процедур, с одной стороны, и электропотреблением, соответствующим нижней границе переменного доверительного интервала, с другой. Электропотребление техноценоза рассчитывается как интеграл в пределах от нуля до бесконечности под соответствующей кривой рангового параметрического распределения. При этом, в качестве расчетной берется либо кривая, полученная для эмпирических значений электропотребления объектов, либо нижняя граница переменного доверительного интервала. Расчетный промежуток времени определяется, с одной стороны, глубиной базы данных по электропотреблению в прошлом, на основе которой строится переменный доверительный интервал, а с другой – требуемым горизонтом моделирования потенциала в будущем.

Следует отметить принципиальное отличие нашего подхода от традиционного, когда под потенциалом энергосбережения понимается, по сути, сумма полученных по отдельности для каждой электроустановки раз-

ностей между реально существующим электропотреблением и некоторым гипотетическим значением электропотребления данной установки, которое могло бы быть, если бы в ней были реализованы некие лучшие показатели энергоэффективности. При этом, нигде в доступной нам литературе не раскрываются следующие важные моменты: во-первых, на каком основании сделано заключение, что потенциал энергосбережения техноценоза обладает свойством аддитивности, т.е. его можно рассчитать как сумму потенциалов энергосбережения отдельных электроприемников; во-вторых, откуда предполагается брать и как интерпретировать эти самые «лучшие показатели энергоэффективности»; в-третьих, как учитывается степень доступности лучших показателей энергоэффективности на данном конкретном оборудовании данного конкретного техноценоза; в-четвертых, где находится нижний предел электропотребления, ниже которого в техноценозе без нарушения нормального технологического процесса опускаться просто нельзя; в-пятых, как рассчитанный потенциал энергосбережения может быть использован в повседневном процессе управления электропотреблением пространственно-технологических кластеров техноценоза; наконец, в-шестых, каким образом вообще можно с известной степенью достоверности вести речь об одномоментном определении электропотребления сотен тысяч (или даже миллионов) отдельных электроприемников (от зарядника мобильного телефона или чайника до конвертера или доменной печи), которые, к тому же, на девяносто девять процентов не имеют системы индивидуального учета электропотребления.

Для того чтобы подчеркнуть обсуждаемое выше принципиальное отличие предлагается вводимый нами системный потенциал, рассчитываемый с помощью известных из рангового анализа ципфовых распределений [15-20], обозначать как Z-потенциал (по первой букве фамилии известного ученого George Kingsley Zipf) и рассчитывать следующим образом:

$$\Delta W_1 = \int_0^{\infty} W(r)dr - \int_0^{\infty} W_1(r)dr, \quad (5.1)$$

где  $\Delta W_1$  – потенциал энергосбережения техноценоза (рис. 5.2);  
 $W(r)$  – аппроксимационная кривая, полученная для эмпирических значений электропотребления объектов;  
 $W_1(r)$  – нижняя граница переменного доверительного интервала, полученная на основе обработки базы данных;  
 $r$  – ранг объекта техноценоза.

С целью повышения точности расчетов стандартные процедуры оптимального управления электропотреблением (формирование базы данных, интервальное оценивание, прогнозирование, нормирование и потен-

ширование электропотребления – рис. 5.1) дополняются соответствующими тонкими процедурами: верификацией базы данных по электропотреблению, а также дифлекс-, GZ-, ASR- и ZP-анализом (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Тонкие процедуры оптимального управления электропотреблением техноценоза

Таким образом, тонким дополнением к стандартной процедуре потенцирования является впервые предлагаемый здесь ZP-анализ, под которым понимается тонкая процедура оптимального управления электропотреблением, осуществляемая на этапе потенцирования с целью разработки ZP-плана энергосбережения техноценоза. Сам термин «ZP-анализ» («зет-пэ-анализ») является легко произносимым сокращением от фразы «Анализ с помощью Z-потенциала». В соответствии с принятой в ранговом анализе традицией, входящая в него аббревиатура «ZP» получена от английского «Z-Potential». В основе ZP-анализа лежит методика оценки Z-потенциала, отличающаяся двухуровневой системой. Первый уровень – Z1-потенциал – когда в качестве конечного рассматривается ранговое параметрическое распределение, соответствующее нижней границе переменного доверительного интервала, полученного в процедуре интервального оценивания.

Второй уровень – Z2-потенциал – когда в качестве конечного рассматривается ранговое параметрическое распределение, соответствующее нижней границе переменного доверительного интервала, полученного в процедуре интервального оценивания после ZP-нормирования. ZP-план разрабатывается индивидуально для каждого объекта техноценоза на расчетный промежуток времени. Он предполагает, что электропотребление техноценоза в целом должно в течение двух этапов понизиться на величину, соответствующую, сначала, Z1-потенциалу, а затем – Z2-потенциалу. При этом ZP-планирование предусматривает для каждого объекта на каждом временном интервале индивидуальные управляющие воздействия, поставленные в зависимость от дифлекс-параметров. ZP-нормированием называется процедура пересчета электропотребления объектов внутри функциональных групп техноценоза на основе реально существующих графиков нагрузок и лучших внутригрупповых показателей электропотребления.

На рисунке 5.4 показана структура ZP-модуля потенцирования техноценоза. Источником данных в модуле выступает база данных техноценоза по электропотреблению, включающая в себя СУБД и банки данных, собираемых как в процессе функционирования техноценоза, так и уже в ходе реализации информационно-аналитического комплекса (данные оргштатной структуры техноценоза, геоинформация, сведения о функциональных группах и лидинговых параметрах, первичные и пересчитанные значения электропотребления объектов, табулированные первичные и вторичные ранговые параметрические распределения, таблицы соответствия индексов, значения границ переменных доверительных интервалов, ZP-нормы, Z-потенциалы, результаты ZP-планирования и др.).

Первый элемент ZP-модуля составляет стандартная процедура оптимального управления электропотреблением – потенцирование (рис. 5.4), которая включает следующие процедуры: выделение подсистем в исходных данных по электропотреблению, построение ранговых распределений, интервальное оценивание, построение переменных доверительных интервалов и расчет на этой основе Z1-потенциала энергосбережения. Второй элемент ZP-модуля потенцирования предусматривает оценку эффективности процесса оптимального управления электропотреблением техноценоза, которая осуществляется по итогам применения критерия, основанного на максимизации показателя эффективности, показывающего соотношение интегральных показателей качества и затрат.

Тонким дополнением к стандартной процедуре потенцирования является впервые разработанный нами ZP-анализ (рис. 5.3), включающий процедуры ZP-нормирования и ZP-планирования, которые выступают элементами ZP-модуля. Процедура ZP-нормирования имеет целью определение Z2-потенциала техноценоза и является подготовительной процедурой к ZP-планированию. Расчет предваряется углубленным анализом организационно-штатной структуры техноценоза, выделением в нем технологи-

ческих групп и определением групповых лидинговых параметров (наиболее полно характеризующих технологический процесс группы).

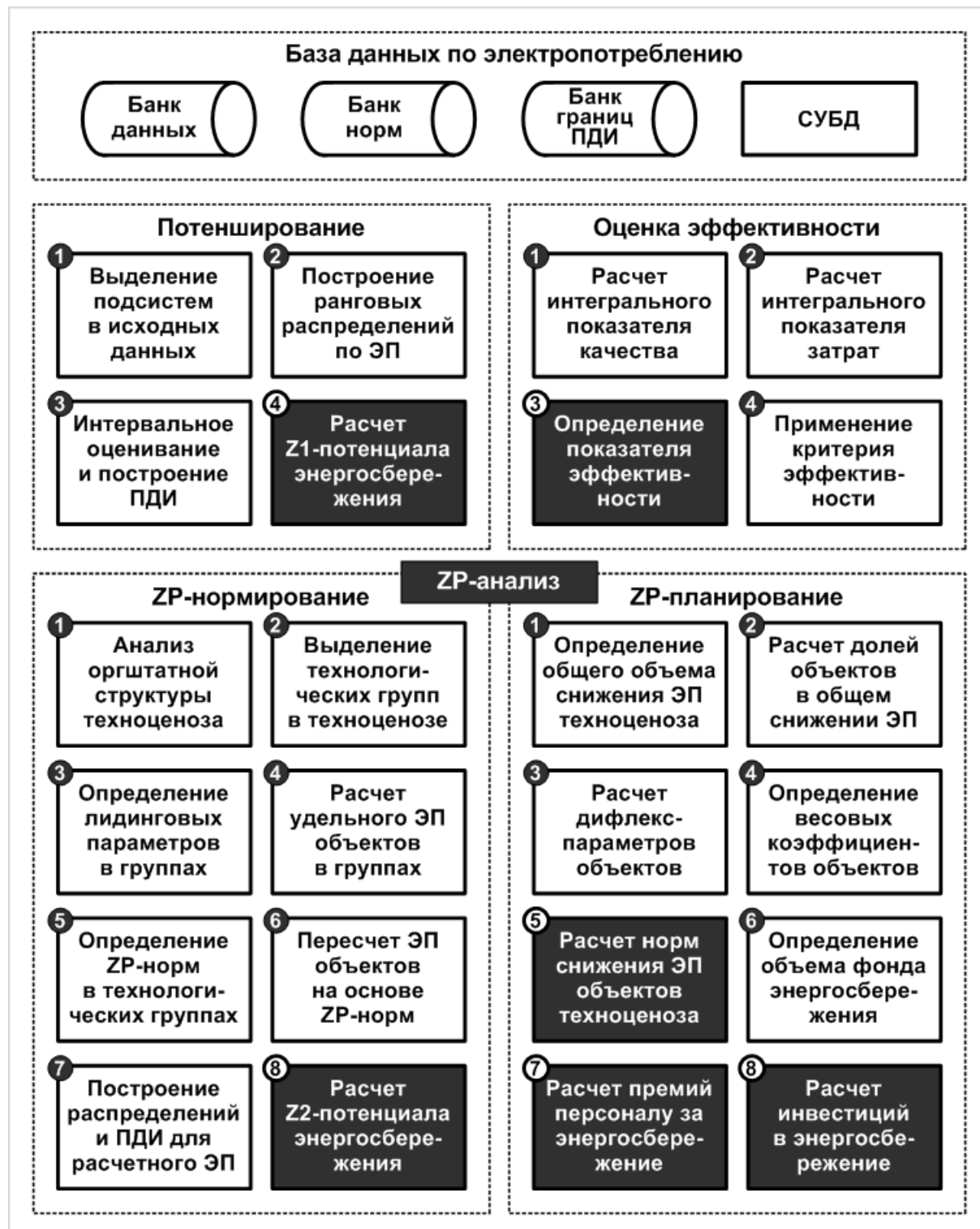


Рис. 5.4. Структура ZP-модуля потенцирования техноценоза:  
 ПДИ – переменный доверительный интервал;  
 ЭП – электропотребление

Далее вычисляется удельное электропотребление в группах, определяются ZP-нормы и на их основе пересчитывается электропотребление объектов. Это позволяет построить новые ранговые распределения по электропотреблению и переменные доверительные интервалы к ним, а затем рассчитать Z2-потенциал энергосбережения.

Полученные Z1- и Z2-потенциалы позволяют перейти к заключительному и главному элементу ZP-модуля – ZP-планированию. Здесь на основе выбранной стратегии, осуществляется определение объема снижения электропотребления техноценоза, а также долей объектов в общем снижении. Последующий расчет дифлекс-параметров позволяет получить весовые коэффициенты, на основе которых определяются нормы снижения электропотребления объектов. Одновременно появляется возможность определения объема фонда энергосбережения техноценоза, что позволяет рассчитать премии персоналу за успехи в экономии электроэнергии, а также необходимые инвестиции в перевооружение и модернизацию электрооборудования объектов. Следует отметить, что основным результатом методики на данном этапе является ZP-план, содержащий нормы снижения электропотребления и объемы премий для каждого из объектов.

Совместная реализация элементов ZP-модуля осуществляется по следующему укрупненному алгоритму (рис. 5.5). Как уже говорилось, источником данных является база, в которой, кроме прочего, хранится информация о стратегиях энергосбережения. В первую очередь алгоритмом предусмотрен анализ заданной стратегии и формирование расчетного цикла по временным интервалам. В основе анализа стратегии лежит расчет интегральных показателей качества и затрат, что требует, еще до начала основных расчетов собственно ZP-модуля, формирования модельной матрицы данных. Осуществляется это априорно методами прогнозирования (для чисто инерционных вариантов развития) и моделирования (для управляемых вариантов) в рамках процедур методики оптимального управления электропотреблением. Данные расчеты позволяют еще до начала реализации методики ZP-модуля оценить, прежде всего, инвестиционные перспективы и управленческие возможности техноценоза.

В любом случае все расчетные процедуры цикла реализуются последовательно применительно к одному временному интервалу, начиная с первого, следующего за вектором текущих данных. В цикле последовательно реализуются основные процедуры ZP-модуля: потенцирование, ZP-нормирование и ZP-планирование (вместе с рядом промежуточных операций), а также мониторинг конверсии, показывающий, насколько адекватно средства, направляемые на премирование объектов на предыдущем временном интервале, конвертируются в процесс снижения электропотребления на последующем интервале. В конце последовательной цепочки операций осуществляется анализ результатов, основной целью которого является принятие решения об окончании цикла. Данное решение



зависит от выбранной стратегии энергосбережения и принимается при выполнении одного из следующих решающих условий: текущий временной интервал сравнялся с требуемым конечным; текущий потенциал энергосбережения достиг заданного уровня; показатель конверсии опустился ниже минимально допустимого порогового значения (рис. 5.5).

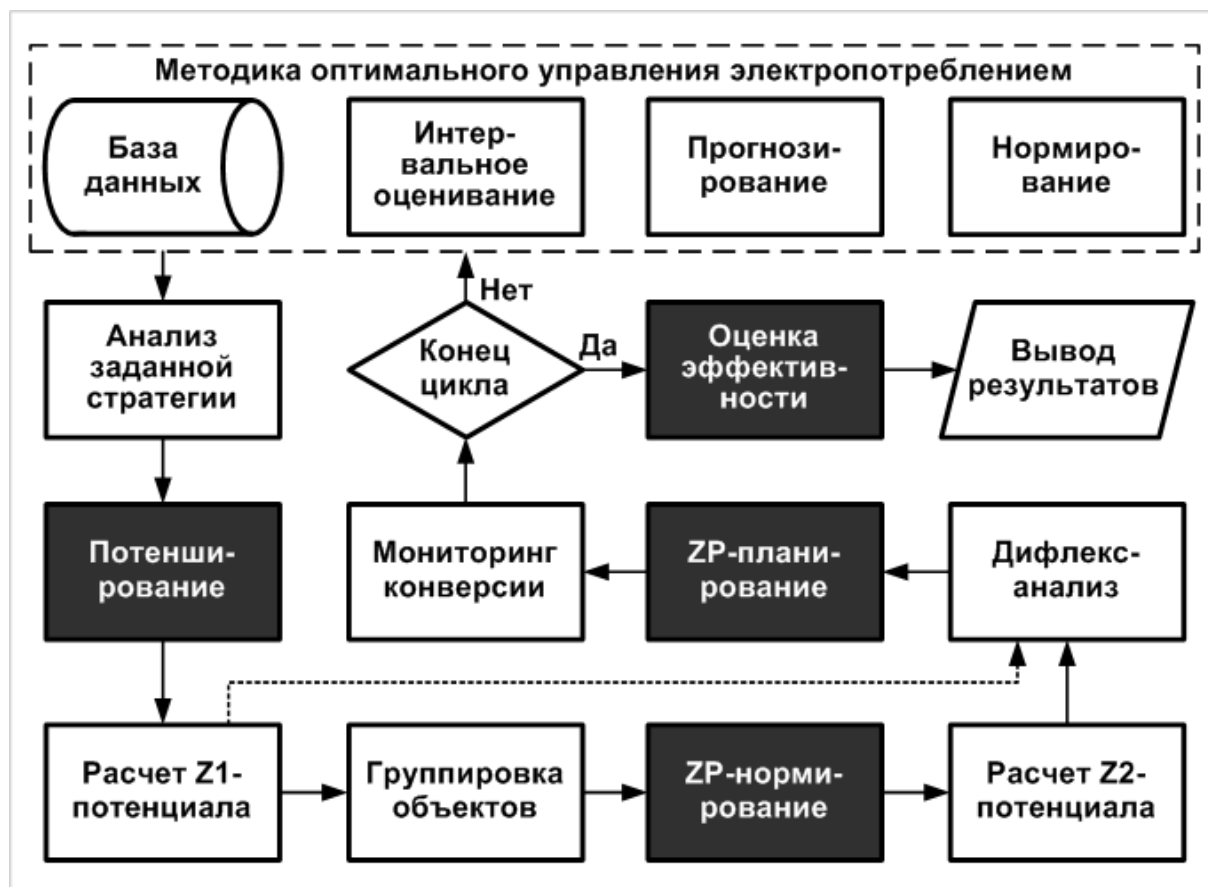


Рис. 5.5. Алгоритм реализация процедур ZP-модуля

Если принято решение о продолжении расчетов, то результаты, полученные на предыдущей итерации, добавляются в базу данных в качестве модельного вектора электропотребления на следующем временном интервале. По окончании цикла осуществляется оценка эффективности реализации ZP-модуля и производится вывод результатов. По итогам оценки эффективности может быть принято решение о сохранении или изменении стратегии энергосбережения. Цикл может реализовываться и по укороченному пути, когда пропускается процедура ZP-нормирования, а в качестве критериального потенциала энергосбережения принимается не Z2-, а Z1-потенциал (на рис. 5.5 показано штрихом). Возможен двухэтапный алгоритм, когда цикл реализуется по укороченному пути до момента исчерпания Z1-потенциала, а затем включается процедура ZP-нормирования, и цикл ZP-модуля реализуется вплоть до исчерпания Z2-потенциала.