

УДК 621.311.153

В.П. ДРЕМИН, канд. техн. наук, В.А. АБРАМОВ, канд. техн. наук, И.Б. ЯКУТИНА (Институт общей энергетики НАН Украины, Киев)

## ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА ОПЕРАТИВНО РЕГУЛИРУЕМОЙ НАГРУЗКИ

Разработана процедура обследования предприятий с целью определить электроприемники, которые могут участвовать в оперативном регулировании нагрузки ЭЭС. В ее основе заложен метод "совместного анкетирования", в котором предусмотрены специальные меры, повышающие точность и объективность полученных результатов, а также заинтересованность предприятий в повышении качества результатов обследования.

Объединенная энергетическая система (ОЭС) Украины создавалась, исходя из условий совместной работы с ЕЭС СССР. На ОДУ "Юг" возлагалась, прежде всего, функция генерации и транзита электроэнергии на экспорт, а также покрытие значительного промышленного потребления региона. Это определило повышенную долю базовой генерации, в том числе за счет АЭС. Однако, начиная с 1991 года, изменения политических и экономических условий взаимодействия энергосистем стран СНГ стали негативно влиять на развитие и функционирование энергетики Украины: снизились объемы выработки и потребления электроэнергии (за 1991-1998 гг. производство уменьшилось до 59,7% от уровня 1990 года), ухудшились показатели ее качества, увеличились потери в сетях (до 16,17% в год), удельный расход топлива на производство электрической и тепловой энергии, количество ограничений и отключений потребителей. В результате количественные показатели и структура производства электроэнергии с 1990-го по 2000 гг. изменилась следующим образом: ТЭС – с 68 до 44%, АЭС – с 26 до 46%, ГЭС – с 3,6 до 6,7%, Блок-ТЭС – с 2,4 до 3,3%. Незначительный резерв высокоманевренных мощностей в часы максимума ЭЭС привел к тому, что система стала более "жесткой" в смысле управляемости.

Вместе с тем, начиная с 1992 года, неуклонно уменьшаются доли потребления промышленностью и сельским хозяйством, возрастают доли потребления энергии населением, электротранспортом, коммунально-бытовым сектором, т.е. возросла доля переменной части нагрузки. В 1992 году потребление энергии промышленностью составило 62,0%, а в 1998-м – 53,8%, соответственно с/х – 9,0% и 6,9%, электротранспортом – 6,0% и 7,6%, населением – 12,0% и 17,9%, коммунально-бытовым хозяйством – 11,0% и 13,8%.

Управляемость ОЭС подразумевает способность реагирования системы на изменения ситуации. Одним из путей поддержки баланса "выработка-потребление" является управление генерацией как в оперативном плане, так и на краткос-

рочную или долгосрочную перспективу. Этапы управления (анализ, принятие решения, исполнение принятых решений и контроль исполнения) осуществляются в зависимости от периода упреждения различными способами. Так, задачи недельного (месячного) разреза решаются посредством прогнозирования максимальных нагрузок, суточных графиков потребления и расчёта режимов генерации на всех электростанциях, в т.ч. и АЭС, по каждому энергоблоку в энергосистеме. В случае оперативного управления (т.е. суточного разреза) задача решается с помощью маневренной генерации, к которой относятся, прежде всего, ГЭС и высокоманевренные энергоблоки, путем непрерывного управления режимом.

Задача является весьма сложной и ответственной даже в случае избытка маневренных мощностей и топлива. Сложность заключается, прежде всего, в том, что необходим самый сложный механизм диспетчерской службы с решением достаточно сложных оптимизационных задач распределения генерации прежде всего по критериям устойчивости ЭЭС и минимума затрат на топливо. В случае дефицитного состояния системы, когда не хватает не только маневренных, но и базовых мощностей, задача поддержки соответствия "выработка-потребление" не может решаться только с помощью генерации. В этом случае, в контур управления включаются и потребители [1]. Это осуществляется заданием им жестких планов на потребление и ограничением режима, как правило, на потребляемую мощность в часы максимумов системы. Здесь следует учитывать, что при управлении потребителями последние терпят в любом случае ущерб, который не сопоставим с потерями энергосистемы, например, вследствие снижения реализации электроэнергии.

Уменьшение потерь народного хозяйства в условиях недостаточного финансирования возможно с помощью оптимизации режимов электропотребления промышленных предприятий [2]. Однако задача оптимизации становится почти неразрешимой ввиду значительного количества потребителей и неопределённости их энерго-экономи-

еских характеристик. Все это приводит к беспрецедентным режимным мероприятиям, таким, как ограничения потребителей по мощности и отключения целых регионов ("веерные отключения"), которые вызывают значительные народнохозяйственные ущербы.

Решение достигается проще при использовании в контуре управления энергосистемой неких обобщенных электропотребителей (регуляторов). Под потребителями-регуляторами (ПР) далее будут пониматься отдельные мощные электроустановки предприятий, которые оперативно отключаются диспетчерской службой ОЭС. Для того, чтобы компенсировать владельцу такой электроустановки потери от ее перевода в ПР, необходимо экономическое стимулирование с поощрением некоторым административным моментом. Например, экономическое стимулирование промышленных предприятий (ПП) возможно посредством разработки специальных тарифов (прерывистых, разовых), что отображается в договорах на поставку электроэнергии. В организационном плане ПП можно стимулировать гарантированием неотключения ни при каких обстоятельствах основного производства, незадействованного в контуре управления, т.е. гарантировать электроснабжение независимо от ситуации в энергосистеме, кроме случаев аварийного характера.

Для использования ПР надо решить следующие основные задачи: выявление таких электроустановок по потребителям зоны энергоснабжающей организации; разработка механизмов стимулирования владельцев этих установок; разработка экономико-математических моделей оптимального управления их энергопотреблением; комплексное планирование и оперативное управление потребителями-регуляторами.

Решение задач оптимального планирования возможно только на основе тщательного анализа энерго-экономических характеристик ПП при ограничениях электропотребления. Данные характеристики – первичные при разработке экономико-математических моделей по группам ПР. В результате реализации математических моделей на реальных характеристиках потребителей определяется оптимальный план управления ПР на будущий планируемый период

В связи с тем, что любое ограничение мощности в указанные периоды (часы максимума ЭЭС) выполняется предприятием за счет уменьшения производительности либо полного отключения некоторых электроприемников (причем глубина ограничения определяет как число, так и очередность отключения), то здесь, очевидно,

нельзя обойтись без детального анализа конкретной технологии того или иного производства.

Для однозначного описания структуры предприятия и взаимодействия ее составляющих предлагается агрегативная схема производственного процесса (рис.). Под агрегатом  $A_i$ , который является элементарным потребителем электрической энергии и соответствует  $i$ -й фазе производства, подразумевается участок технологического процесса предприятия или некоторая совокупность электроприемников, технологически связанных между собой, по переработке множества входных продуктов во множество выходных. На рисунке обозначены:  $A$  – агрегаты, стрелки – потоки продуктов;  $B$  – бункеры-накопители выходного продукта агрегатов (технологические заделы, склады, транспортные партии и т.д.);  $ЭП$  – электроприемник. Коллектор это накопитель с числом входов или выходов более одного.

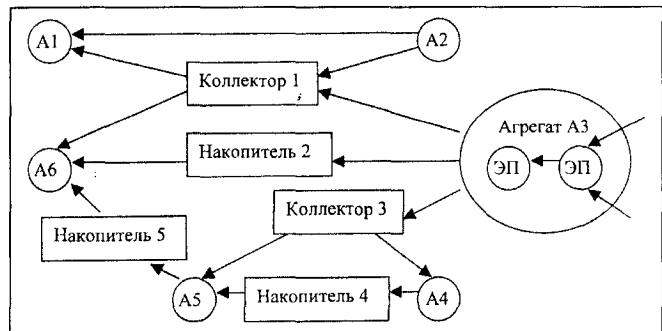


Рис. Фрагмент агрегативной схемы производства

При этом множество всех выделенных агрегатов  $A_i, i = 1, 2, \dots, n$  должно образовать "полную" (генеральную) совокупность  $\{A_i\}$ , то есть такую, у которой множество сумм, соответствующих номинальных интегральных параметров представляет номинальные интегральные параметры самого предприятия. Топология структуры предприятия определяется путем установления всех связей на генеральной совокупности через множество продуктов  $\{Pk\}, k = 1, 2, \dots, m$  с помощью прямоугольной матрицы инцидентности  $C$  размером  $n \times m$ . Элементы матрицы  $C_{ik}$  равны нулю, если  $k$ -й продукт не проходит через  $i$ -й агрегат  $A_i$ , равны 1, если продукт потребляется в  $A_i$  и -1, если вырабатывается в нем.

Будем считать, без потери общности, что любой продукт из  $\{Pk\}$  может накапливаться в соответствующем аккумулирующем бункере-накопителе вместительностью  $Vk^{\max} > 0$ . При этом, если  $Vk^{\max} = 0$ , то это соответствует жесткой технологической связи между агрегатами-производителями и агрегатами-потребителями  $k$ -го продукта.

Характеристикой непосредственной связи между  $i$ -ым и  $j$ -ым агрегатами является чувствительность  $\tau_{ij}$ , оцениваемая интервалом времени от момента воздействия на  $j$ -ый агрегат до момента изменения режима  $i$ -го агрегата, вызванного этим воздействием. Очевидно, что если  $\tau_{ij} = 0$ , то связь жесткая, если  $\tau_{ij} = \infty$ , то связь отсутствует. В случае, если  $k$ -ый продукт движется от  $A_j$  к  $A_i$ , то чувствительность  $\tau_{ij}$  является прямой и обусловлена исчерпанием технологического задела  $k$ -го продукта, используемого  $i$ -ым агрегатом. С другой стороны, чувствительность  $\tau_{ij}$  через  $k$ -ый продукт является обратной, когда она обусловлена исчерпанием возможности накопления технологического задела производимого  $j$ -ым агрегатом.

Связь между агрегатами может осуществляться через разные виды продуктов, накапливающихся в различных бункерах (рис.). С учетом этого универсальное выражение по определению  $\tau_{ij}$  для любого  $i$ -го агрегата, непосредственно связанного с  $j$ -ым агрегатом, имеет вид:

$$\tau_{ij} = \min_k \frac{V_k^* - V_k^{\max} (C_{ik} - 1) / 2}{C_{ik} \left( \sum_{i=1}^n C_{ik} v_{ik}^i - \Delta v_{jk} \right)}, \quad (1)$$

где  $V_k^*$  – количество технологического задела  $k$ -го продукта в момент воздействия на  $j$ -ый агрегат,  $v_{ik}$  – производительность  $i$ -го агрегата по  $k$ -му продукту,  $v_{ik}^n$  – номинальная производительность  $i$ -го агрегата по  $k$ -му продукту,  $\Delta v_{jk}$  – временное уменьшение производительности агрегата при ограничении нагрузки.

Здесь очередные индексы  $i, j, k$  выбираются только для непосредственно связанных агрегатов  $\{A_i, A_j\}$  через  $k$ -й бункер (коллектор), то есть когда  $C_{ik} \neq 0, C_{jk} = 0$ . Легко показать взаимную нечувствительность непосредственно не связанных через  $k$ -й коллектор "параллельных" (когда  $C_{ik} = C_{jk} \neq 0$ ) агрегатов, т.е.  $\tau_{ij} = \infty$ , если  $C_{ik} = C_{jk}$ .

Отсюда для всех  $i, j, k$  можно определить чувствительность  $i$ -го агрегата к изменению режима любого другого из  $\{A\}$  даже непосредственно с ним не связанного. Поиск  $\tau_{ij}$  основан на понятии минимального расстояния  $d_{ij}$  между  $i$ -ой и  $j$ -ой вершинами графа, заданного  $\{A\}$  и матрицей  $C$  и ввиду аналитического задания  $\tau_{ij}$  является достаточно сложной задачей, но принципиально разрешимой.

$$\tau_{ij} = \min \{d_{ij}\} \quad (2)$$

где  $d_{ij} = \tau_{i1}(\Delta v_{i1k1}) + \tau_{i1i2}(\Delta v_{i2k2}) + \dots + \tau_{ij}(\Delta v_{jk})$ , здесь индексы  $i1, i2, \dots, il, k1, k2, \dots, k$  определяются конкретным путем между  $i$ -й и  $j$ -й вершинами графа, а значения  $\tau_{ij}$  вычисляются на основании (1) для каждого фиксированного  $\Delta v$  с учетом ограниченный минимально допустимых режимов агрегатов на этом пути.

Выполнение предприятием задания на снижение нагрузки на величину  $\Delta P$  осуществляется за счет уменьшения электропотребления отдельных агрегатов  $A_i$  на  $\Delta P_i$ . Совокупность  $\{\Delta P_i\}$  является  $n$ -мерным сигналом управления  $Y = \{\Delta P_1, \dots, \Delta P_n\}$  на периоде ограничения, то есть имеет место прямое внешнее воздействие, в результате чего производительность  $i$ -го агрегата  $v_i$  уменьшается.

Вторым видом внешнего возмущения  $i$ -го агрегата является воздействие других (управляемых) агрегатов через  $k$ -й продукт по входам (выходам)  $A_i$ :

$$\begin{aligned} \Delta v_{ij} &= \Delta v_{ik} (v_{ij}^* / v_{ik}^n) \text{ при } v_{ik}^* > v_{ik}^{\min} \\ \Delta v_{ij} &= 0 \text{ при } v_{ik}^* < v_{ik}^{\min} \text{ для } j \neq k. \end{aligned}$$

В реальных условиях это соотношение выполняется далеко не для всех  $j \neq k$ , что вызвано абстрактностью допущения о жесткой внутренней структуре связей электроприемников формального агрегата. Среднеквадратический разброс относительных значений  $\Delta v_{ij}$  может служить мерой неадекватности  $\delta A_i$ , т.е.:

$$\delta A_i = [\sum (\Delta v_{ij} / v_{ij})^2]^{1/2} \text{ для всех } j \neq k, v_{ik}^* < v_{ik}^{\min}$$

Однако косвенное воздействие проявляется через интервал времени  $\tau_{ij}$ , длительность которого зависит от  $\Delta P_i, \Delta P_j$  и в общем случае при  $t_{\text{отр}} \rightarrow \infty$  наблюдается цепной процесс по всем связанным агрегатам в соответствии со схемой:

$$\Delta P_j \rightarrow \Delta v_{jk} \rightarrow \Delta v_{ik1} \rightarrow \Delta P_i \rightarrow \Delta v_{ik2} \rightarrow \Delta v_{lk2} \rightarrow \dots$$

На основании этого процесса вычисляются значения  $d_{ij}$  выражения (2). В принципе, по каждому агрегату из  $\{A\}$  для заданного первоначального сигнала управления  $Y = \{\Delta P^1, \dots, \Delta P^n\}$  можно рассчитать и построить ступенчатый график изменения производительностей, а значит и электрических мощностей  $\{P_i(t)\}$ , значения которого выразятся совокупностью:

$$P_i(t) = \{P_{i1}(\Delta P_1^{t1}, \dots, \Delta P_n^{t1}), \dots, P_{ik}(\Delta P_1^{tk}, \dots, \Delta P_n^{tk})\}$$

где  $t_j$  –  $j$ -ый момент времени, когда произошло изменение режима какого-либо агрегата из  $\{A\}$  вследствие изменения его электропотребления

ни вырождения одного из связанных с ним буферов (коллекторов);  $\Delta P_i^j$  – фактическое изменение мощности  $A_i$  в  $j$ -ый момент времени. Тогда, средняя за период ограничения  $t_{\text{огр}}$  мощность агрегата составит:

$$P_i(t_{\text{огр}}) = [P_i^n t_{\text{огр}} - \sum \Delta P_i^j (t_j - t_{j-1})] / t_{\text{огр}} \quad (3)$$

В общем случае совокупность  $\{\Delta P_i^j\}$  может целенаправленно изменяться на интервале управления  $t_{\text{н}} \leq t \leq t_{\text{к}}$  с целью выполнения требования максимального использования лимита мощности, то есть:

$$(P_{\text{н}} - P) - \sum P_i(t_{\text{огр}}) \rightarrow \min.$$

Следовательно, имеет место процесс управления мощностью предприятия  $Y(t)$ . Но и в случае, если на периоде  $t_{\text{огр}}$  – это изменение формально известно в виде  $Y(t) = \{(\Delta P_1(t), \dots, (\Delta P_n(t))\}$ , то можно рассчитать значения  $P_i(t_{\text{огр}})$  в виде (3). Отсюда следует, что задание (моделирование) предприятия совокупностью  $\{A\}$ , матрицы  $C$  и множествами  $\{V_i^{\text{max}}\}, \{V_i^*\}$  однозначно определяет его структуру и динамику отклика на возмущающее воздействие при известном процессе управления  $Y(t)$ .

При известном  $\Delta P$  суммарный ущерб предприятия на основании (1) условно запишется в виде  $Y = F[\{A\}, C, \{V_i^{\text{max}}\}, \{V_i^*\}, Y(t)]$ , где  $F$  – оператор зависимости. В реальных условиях численное представление  $Y(t)$  не поддается никакой более или менее обоснованной оценке. Даже для одного предприятия в зависимости от  $Y(t)$  потери могут быть разными. Этим объясняется разброс данных различных исследований для одних типов предприятий, полученных прямым калькулированием или с помощью аналитических моделей.

По существу  $n$ -мерный процесс  $Y(t)$  является стратегией управления предприятием. Очевидно, что из всего множества стратегий существует такая  $Y_{\text{опт}}(t)$ , которая при заданном значении  $\Delta P$  определяет минимально возможный суммарный ущерб  $Y_{\text{min}}(\Delta P)$  на конкретном производстве. При этом  $Y_{\text{min}}(\Delta P)$  является параметром предприятия, зависящим только от  $\{A\}, C, \{V_i^{\text{max}}\}, \{V_i^*\}$ . В случае, если  $Y_{\text{min}}(\Delta P) = 0$ , то это указывает на то, что на данном ПП потенциально возможно выделение оперативно регулируемой мощности.

Представляется целесообразным параметр  $Y_{\text{min}}(\Delta P) = 0$  использовать в качестве основы при разработке плана оперативных ограничений в ЭЭС по следующим соображениям:

– значения  $\Delta P$ , соответствующие  $Y_{\text{min}}(\Delta P) = 0$  могут рассчитываться на уровне ЭЭС по данным,

представляемым потребителями и легко поддающимся контролю. Тем самым субъективная ошибка в его определении сводится к минимуму;

– при определении совокупности  $\{\Delta P | Y_{\text{min}}(\Delta P)=0\}$  по всем потребителям зоны ЭЭС используются стандартные процедуры как при получении массивов исходных данных, так и при собственно расчете  $\{\Delta P | Y_{\text{min}}(\Delta P)=0\}$  независимо от типа предприятия, что значительно снижает затраты на эту работу;

– очевидно, что реализация критерия минимума суммарных народнохозяйственных потерь при разработке плана оперативных ограничений определит относительно меньшее значение  $\Delta P$  потребителю с большим значением удельного ущерба. А поэтому, предприятия, у которых  $Y^*(\Delta P) \gg Y_{\text{min}}(\Delta P) = 0$  оказываются в более неблагоприятных условиях (в случае неизменности их отношения к проблеме оптимального регулирования своей мощности) по сравнению с аналогичными. Отсюда следует более высокий стимулирующий эффект рассматриваемого подхода к проблеме рационального расходования установленных лимитов;

– путем сравнения относительных значений фактического ущерба и расчетного оптимального по всем потребителям появляется возможность достаточно простой и объективной оценки качества управления тем или иным предприятием.

Построение имитационной модели потребителя требует значительного объема информации, иногда необходимо более 20 наименований различных данных. При этом качество конечных результатов в значительной степени зависит от качества исходной информации, получение которой возможно только на основании обследования предприятия.

В зависимости от требуемой степени детализации в энергетике используются различные методы проведения обследования – от простого анкетирования, характеризующегося минимальными затратами на его осуществление, до детального обследования, требующего значительных затрат и времени. Поэтому обоснованию способа обследования групп потребителей при минимизации суммарных издержек и требуемом качестве конечных результатов уделяется большое внимание.

Для детального обследования и определения части параметров, описывающих структуру предприятия, взаимную связь агрегатов и динамику технологического процесса, необходимо специальное методическое обеспечение и высококвалифицированные исполнители, что обуславлива-

ет необходимость привлечения к проведению обследований проектных организаций. С другой стороны, при использовании на этой работе только исследовательских организаций резко возрастут затраты, а также не в должной мере будет использоваться опыт и квалификация персонала предприятия.

Для устранения этого противоречия предлагается метод "совместного анкетирования" [3], базирующийся на следующих моментах:

- производственный процесс конкретного предприятия, его узкие места и внутренние резервы лучше всего известны персоналу предприятия;
- предприятия стремятся скрыть свои регулирующие возможности, путем искажения соответствующих показателей;
- определение однозначного характера влияния конкретного элементарного параметра предприятия на общий показатель является невозможным (из-за наличия сложных связей между всеми элементарными параметрами).

Отсюда следует необходимость в разграничении процесса совместного обследования между исполнителями таким образом, чтобы работы по определению элементарных параметров, являющиеся наиболее трудоемкими, выполнялись персоналом предприятия, а методическое обеспечение, разработка формальных правил, контроль качества выполнения и формирование общих энерго-экономических характеристик осуществляется проектной организацией.

Так как алгоритмы едины для всех предприятий независимо от характера их техпроцесса, а в сборе первичных данных участвуют специалисты определенного профиля (в соответствии с их компетентностью в определении этих данных), то средняя относительная ошибка определения ущербов по всем предприятиям будет примерно одинакова. А наиболее важна сравнительная характеристика регулировочных возможностей.

В качестве характеристики ущерба принимается такая, которая имеет место при наилучшем регулировании мощности предприятия, что обуславливает заинтересованность предприятия в качественном заполнении "анкеты". При неудовлетворительном ее заполнении не будут учтены фактические потери на отдельных некачественно раскрытых связях техпроцесса, что в общем случае приводит к занижению принятого значения ущерба от фактического, а значит, к меньшему

расчетному значению лимита мощности для этого предприятия.

По этой причине предприятию необходимо стремиться к более подробному описанию своей структуры, т.к. благодаря взаимному влиянию отдельных структурных единиц друг на друга при ограничениях ущерб возникает не только у непосредственно регулируемого участка. Чтобы учесть это влияние, необходимо подробное расчленение предприятия на элементарные участки. Пример агрегативной схемы показан на рисунке.

Все элементарные параметры фиксируются в специальном сводном документе – "карте обследования предприятия". Для удобства заполнения и организации параллельного сбора информации специалистами и службами различного профиля карта разделена на ряд самостоятельных таблиц. Таблицы отражают: общие электроэнергетические, экономические и производственные параметры предприятия интегрального характера; электроэнергетические параметры каждого выделенного агрегата; экономические параметры каждого агрегата; технологические параметры, структурные связи всех агрегатов; структурные связи всех агрегатов и параметры формальных накопителей на связях.

Все пункты карты обследования заполняются приближенно, на основании знаний и опыта соответствующих специалистов предприятия, кроме тех параметров, по которым имеется строгая документальная отчетность.

Процесс заполнения карты обследования осуществляется в следующей последовательности.

**Шаг 1.** За весь цикл работ по заполнению карт назначается ответственный исполнитель – главный энергетик предприятия. Специалистами верхнего уровня управления предприятием отдела главного энергетика (ОГЭ), отдела главного технолога (ОГТ), производственного отдела осуществляется предварительное разбиение всего предприятия на агрегаты в соответствии с инструкцией, включающей следующие положения:

- агрегатом можно назвать любое структурное подразделение предприятия от единичного электроприемника до отдельного цеха. Им может быть некоторая технологическая установка, линия, участок и т.д. с законченным технологическим циклом;
- необходимым условием выделения агрегатов является условие однородного разбиения

предприятия. Заключается в том, что фактическая электрическая мощность, усредненная за длительность рабочей смены отдельного агрегата, не может быть больше, чем 5-6% от общей мощности предприятия при числе агрегатов не менее чем 20, за исключением агрегата, состоящего всего из одного ЭП.

Общие указания по предварительному разбиению предприятия на агрегаты сводится к следующему:

- на предприятии фиксируются все отдельные ЭП с мощностью больше 3% суммарной мощности предприятия, которые и заносятся в список агрегатов;
- определяется мощность всех отдельных цехов предприятия;
- для каждого цеха устанавливается ориентировочное число агрегатов, пропорциональное его мощности из расчета общего числа агрегатов равным 20-30 (без учета агрегатов, состоящих из одного ЭП);
- производится ориентировочное разбиение цехов на агрегаты с учетом необходимого условия.

**Шаг 2.** Персонал подразделений предприятия (цехов, производственных участков и так далее) осуществляет уточнение состава агрегатов на основании достаточного условия – условия единства технологического цикла всех агрегатов. Заключается в том, что группа ЭП, объединенных понятием "агрегат", должна образовывать единую технологическую структуру.

Проверка выполнения этого условия сводится к анализу поведения техпроцесса агрегат при "погашении" отдельных его ЭП. Если техпроцесс не может быть длительно осуществлен (в течение всей смены), при "погашении" любого из ЭП, то агрегат выделен нормально. В противном случае, такой агрегат расчленяется на более мелкие.

Для каждого "уточненного" агрегата персоналом подразделения устанавливается наличие связей, их наименование и направление со всеми другими агрегатами и подразделениями. Эти данные заносятся на специальные бланки и направляются в ОГЭ.

**Шаг 3.** На верхнем уровне управления (ОГЭ, ОГТ) устанавливается окончательный список агрегатов с присвоением каждому из них условного номера, производится формирование общей структуры связей между агрегатами и составляется список исходных, промежуточных и целевых продуктов с присвоением каждому из них ус-

ловного номера и единицы измерения. При этом продукты даже одного и того же вида, но выпускаемые разными агрегатами и не объединенные одним бункером (складом, емкостью и т.д.) у агрегатов-потребителей данных продуктов, следует считать условно разными продуктами (с разными условными номерами).

Эти данные доводятся соответствующим подразделением предприятия и являются для них окончательным.

**Шаг 4.** Для каждого "своего" агрегата специалистами подразделений различного профиля согласно инструкциям определяются элементарные параметры, которые заносятся в соответствующие таблицы. Кроме того, производится оценка параметров накопителей промежуточной продукции в соответствии со следующими параметрами:

- каждому выделенному промежуточному продукту должен соответствовать "свой" накопитель с максимальной емкостью (в принятых единицах измерения промежуточного продукта (шт., кг, м, куб. м, условная единица и т.д.) от нуля до некоторой величины;

- параметры накопителя определяются персоналом того цеха, в составе которого имеется агрегат, потребляющий продукт этого накопителя. При наличии нескольких агрегатов (в составе других цехов), потребляющих продукт, параметры накопителя определяются по согласованию персоналом одного из цехов;

- условный номер накопителя соответствует условному номеру промежуточного продукта;

- единица измерения емкости накопителя может быть произвольно удобной для персонала, но она должна быть такой же, как и для измерения потребности агрегата в продукте и производительности агрегатов – производителя этого продукта, и для измерения потребности других агрегатов в этом продукте. То есть каждому виду продукта с одним условным номером должна соответствовать единственная единица измерения;

- максимально возможная емкость накопителя определяется как сумма емкости физического накопителя (конкретного склада, емкости, площадки и т.д.), количество продукта, находящегося в пути от агрегата-производителя (агрегатов-производителей) до физического получателя (с учетом их "внутренних" резервов). Эта величина определяется тем максимально возможным использованием

(переработкой) продукта (в принятых единицах измерения) в случае, если все агрегаты-производители этого продукта полностью остановит;

– оптимальное первоначальное заполнение накопителя определяется аналогично, на основе реального процесса производства с учетом интересов всех агрегатов-получателей продукта. Определяется на основе практического опыта персонала цеха для I, II и III смены.

**Шаг 5.** На верхнем уровне осуществляется оценка качества определения параметров агрегатов и накопителей, производится окончательное заполнение карты обследования и ее передача проектной организации для последующей обработки.

### Выводы

При оперативных ограничениях возникновение ущерба, прежде всего, зависит от структуры производства. Для его определения целесообразно

воспользоваться имитационной моделью существующего технологического процесса.

Отсутствие ущерба предприятия при оперативных ограничениях прямо зависит от управляющих воздействий на электроприемники. В этой связи в качестве объективной функции "безущербного" регулирования мощности целесообразно использовать отклик имитационной модели предприятия на оптимальную стратегию управления, в результате чего достигается стимулирующий эффект, несмещенность оценки и минимальная субъективная ошибка.

Для построения аналитических и имитационных моделей, которые позволяют формализовать технологические процессы производства, различающиеся структурой, параметрами и другими особенностями, необходимо использовать специальные универсальные методики обследования предприятий.

1. Праховник А.В. Управління енерговикористанням: проблеми, завдання і методи вирішення // У збірнику доповідей "Управління енерговикористанням" – К.: Альянс за збереження енергії, 2001. – С. 169-190.

2. Шульга Ю.І. Про стан виконання Комплексної державної програми енергозбереження України // У збірнику доповідей "Управління енерговикористанням"/ Під загальною редакцією А.В. Праховника. – К.: Альянс за збереження енергії, 2001. – С. 13-18.

3. Дремин В.П. Оптимизация режимов электропотребления регионов. – Киев: Наук. думка, 1992. – 188 с.