

**В.В. Гоголюк**, начальник Управления энергетики Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа, ОАО «Газпром»; **Б.Л. Житомирский**, директор, ИТЦ «Орггазэнергетика» ОАО «Оргэнергогаз»

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОПТИМИЗАЦИИ СРОКОВ И ОБЪЕМОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, РЕМОНТА И СПИСАНИЯ (ЗАМЕНЫ) ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВА

*В настоящее время в энергохозяйстве ОАО «Газпром», как и в других отраслях экономики России, развивается процесс внедрения системы технического обслуживания и ремонта «по состоянию».*

*Оптимизация сроков и объемов технического обслуживания, ремонта и списания (замены) оборудования и сооружений энергохозяйств дочерних обществ ОАО «Газпром» с учетом требований надежности является основной задачей системы технического обслуживания и ремонта «по состоянию» и непосредственно связана с результатами прогнозирования надежности энергетического оборудования и энергетических сооружений и их остаточного ресурса (срока службы) на планируемый период.*

### РЕШЕНИЕ УКАЗАННОЙ ЗАДАЧИ ЗАТРУДНЕНО СЛЕДУЮЩИМИ ФАКТОРАМИ:

- отсутствием полной, достоверной и актуализированной информации для прогнозирования остаточного ресурса (срока службы) и надежности в планируемом периоде (году) по всему парку энергетического оборудования и энергетических сооружений дочерних обществ ОАО «Газпром»;
- установленный порядок лимитирования средств на проведение технического диагностирования, капитального ремонта, сервисного обслуживания и других работ, выполняемых специализированными подрядными организациями, не учитывает ежегодное изменение полной потребности в проведении указанных работ;
- в настоящее время отсутствует единый методический подход, позволяющий энергетическим службам дочерних

обществ ОАО «Газпром» осуществлять по единым правилам рациональное планирование технического обслуживания, ремонта и списания (замены) оборудования и сооружений различных систем энергохозяйства с использованием доступной информации.

### ЦЕЛИ НАСТОЯЩЕЙ РАЗРАБОТКИ:

- формирование единого методического подхода к оптимизации затрат на капитальный ремонт (далее – КР) и замену (списание) для всех типов элементов при условии сохранения максимально возможного уровня надежности энергоснабжения;
- разработка методики оптимизации затрат на КР и замену (списание) элементов энергохозяйства дочернего общества (ЭХ ДО) с учетом фактических показателей их надежности, создание условий для внедрения системы ТО и Р «по состоянию»;

- обеспечение планирования КР с учетом прогнозируемых показателей надежности и технического состояния всех элементов ЭХ ДО.

Для достижения поставленных целей предложено использовать новый подход к оптимизации сроков и объемов технического обслуживания, ремонта и списания (замены) объектов энергохозяйства, который предназначен для применения структурными подразделениями администрации ОАО «Газпром» и энергетическими службами его дочерних обществ:

- при организации работы по надежному функционированию объектов энергохозяйства ОАО «Газпром»;
- при планировании капитального ремонта и списания (замены) оборудования и сооружений энергохозяйства ОАО «Газпром»;
- при обосновании корректировки лимитов средств на техническое

диагностирование (прогнозирование остаточного ресурса) и капитальный ремонт оборудования и сооружений энергохозяйства ОАО «Газпром» силами специализированных подрядных организаций;

- при разработке нормативно-методической документации, направленной на повышение надежности энергоснабжения и оптимизацию затрат на эксплуатацию оборудования и сооружений энергохозяйства ОАО «Газпром».

Оптимизацию сроков и объемов КР и списания (замены) объектов энергохозяйства дочернего общества ОАО «Газпром» рекомендуется проводить отдельно и последовательно (например, сначала оптимизацию сроков и объемов КР, а затем – сроков и объемов списания (замены) объектов энергохозяйства) по следующим этапам:

**Этап 1. Проверка наличия и актуальности исходных данных о фактических показателях надежности элементов ЭХ ДО**

К основным исходным данным, наличие и актуальность которых следует уточнить на этапе 1 оптимизации сроков и объемов КР и списания (замены) элементов энергохозяйства, дочернего общества ОАО «Газпром» относятся:

- наименование и общее количество элементов в системах энергоснабжения (энергохозяйствах) всех технологических объектов;
- общие сведения о каждом элементе, связанные с прогнозированием его остаточного ресурса (срока службы);
- сведения о результатах ТД (прогнозирования остаточного ресурса) элемента перед планированием его КР или списания (замены);
- исходные данные и результаты расчета (прогнозирования) показателей надежности систем энергоснабжения (энергохозяйств технологических объектов) и их элементов в планируемом году.

**Этап 2. Завершение формирования (корректировка) банка исходных данных на основе дополнительных сведений**

В перечень дополнительных исходных данных, которые устанавливаются или корректируются на этапе 2 и необхо-

димы для завершения формирования банка исходных данных, входят:

- лимит затрат на КР и лимит затрат на списание (замену) элементов энергохозяйства дочернего общества ОАО «Газпром» в планируемом году (устанавливаются ОАО «Газпром» централизованно для всех дочерних обществ);
- полные стоимости КР (без учета рекомендаций по сокращению объемов очередных КР в отчетных документах о проведении ТД элементов);
- стоимости замены элементов;
- коэффициенты снижения полных стоимостей КР элементов, устанавливаемые на основе рекомендаций по сокращению объемов очередных КР в отчетных документах о проведении ТД элементов (при наличии таких рекомендаций);
- коэффициенты уровня работоспособности и надежности элементов, ограничивающие возможности включения элементов в соответствующий перечень элементов энергохозяйства, подлежащих КР или списанию (замене) в планируемом году.

В перечень элементов энергохозяйства дочернего общества ОАО «Газпром» следует вносить только такие элементы (оборудование и сооружения), которые в соответствии с установленным порядком могут быть непосредственным объектом КР по плану дочернего общества ОАО «Газпром».

При этом непосредственным объектом КР, указываемым в описании содержания работ по плану КР и рассматриваемым в соответствии с настоящими рекомендациями как элемент энергохозяйства, может быть составная часть объекта ремонта, имеющего инвентарный номер, или объект ремонта в целом.

Коэффициент снижения полной стоимости КР элемента определяется по формуле:

$$k_{ci} = \frac{C_{di}}{C_{oi}} \quad (1)$$

где  $C_{di}$  – стоимость КР i-го элемента с учетом рекомендаций по сокращению объема КР в отчетных документах о проведении ТД i-го элемента (при наличии таких рекомендаций);

$C_{oi}$  – полная стоимость КР i-го элемента; при отсутствии рекомендаций по сокращению объема КР принимается, что  $C_{di} = C_{oi}$ .

Коэффициент  $k_{ti}^{y.p.n.}$  уровня работоспособности и надежности i-го элемента необходим для дополнительного ограничения (кроме лимитов затрат) возможности включения элементов, работоспособность и надежность которых в планируемом году прогнозируется на достаточно высоком уровне, в соответствующий перечень элементов, подлежащих КР или списанию (замене) в планируемом году.

Расчет коэффициента  $k_{ti}^{y.p.n.}$  для конкретного элемента следует проводить по формуле:

$$k_{ti}^{y.p.n.} = \frac{t_{фКР(сн)i}}{t_{нКР(сн)i}} \quad (2)$$

где  $t_{фКР(сн)i}$  – фактический срок службы (ресурс) i-го элемента с начала соответствующего периода эксплуатации (с начала эксплуатации или после проведенного ранее последнего КР) до окончания планируемого года;  $t_{нКР(сн)i}$  – соответствующий нормативный (назначенный) срок службы (ресурс) i-го элемента – с начала эксплуатации до 1-го КР или после последнего проведенного КР до следующего (ближайшего по сроку) КР или до списания (замены).

**Этап 3. Расчет (уточнение) комплексного показателя надежности ЭХ и выбор технологического объекта с максимальным значением средневзвешенного риска отказов**

На этапе 3 осуществляется расчет (уточнение) комплексного показателя надежности ЭХ – средневзвешенного риска отказов ЭХ ( $B_n(t)$ ) каждого n-го технологического объекта ДО в планируемом году, который определяется по формуле:

$$B_n(t) = \frac{\sum_{i,j,k} b_{ijkn}(t)}{\sum_{i,j,k} m_{ijkn}} \quad (3)$$

где  $\sum_{i,j,k} b_{ijkn}(t)$  – сумма рисков отказов всех элементов энергохозяйства (единиц энергетического оборудования) n-го технологического объекта дочернего общества ОАО «Газпром»;

$\sum_{i,j,k} m_{ijkn}$  – общее количество элементов энергохозяйства n-го технологического объекта дочернего общества ОАО «Газпром»;

i, j, k – порядковые номера элемента, типа элемента и системы энергохозяйства.

Риск отказов  $b_{ijkn}(t)$   $i$ -го элемента  $j$ -го типа  $k$ -й системы энергохозяйства  $n$ -го технологического объекта дочернего общества ОАО «Газпром» в планируемом году может быть определен по общей формуле:

$$b_{ijkn}(t) = q_{\Sigma ijkn}(t) \cdot k_{ijkn} \quad (4),$$

где  $q_{\Sigma ijkn}(t)$  – расчетная вероятность отказов  $i$ -го элемента  $j$ -го типа  $k$ -й системы энергохозяйства  $n$ -го технологического объекта дочернего общества ОАО «Газпром» (далее –  $i$ -й элемент) в планируемом году с учетом особых условий его эксплуатации;  $k_{ijkn}$  – критичность отказов (важность)  $i$ -го элемента.

Для определения расчетной вероятности отказов  $q_{\Sigma ijkn}(t)$   $i$ -го элемента в планируемом году с учетом особых условий его эксплуатации (фактического технического состояния) в общем случае необходимо:

- выбрать общий вид функции, описывающей зависимость расчетной вероятности отказов  $q_{jk}(t)$  элемента  $j$ -го типа от срока службы (ресурса)  $t$  в период с начала эксплуатации до списания (замены);
- определить граничные условия изменения функции  $q_{jk}(t)$  в период с начала эксплуатации элемента  $j$ -го типа до списания (замены);
- построить график изменения функции  $q_{jk}(t)$  между установленными граничными значениями в период с начала эксплуатации элемента  $j$ -го типа до списания (замены) для нормальных условий эксплуатации;
- уточнить наличие актуальных данных – общих сведений об элементе, связанных с прогнозированием его остаточного срока службы (ресурса), а также сведений о результатах ТД (прогнозирования остаточного ресурса) элемента перед планированием его КР или списания (замены);
- рассчитать значение функции  $q_{ijkn}(t)$  для  $i$ -го элемента в планируемом году с учетом особых условий его эксплуатации (фактического технического состояния) – с использованием формулы (5), исходных данных для построения графика функции  $q_{jk}(t)$  для нормальных условий эксплуатации элементов  $j$ -го типа.

$$q_{\Sigma ijkn}(t) = 1 - e^{-k_{\Sigma ijkn} \cdot \lambda_{ijkn}(t) \cdot t} \quad (5),$$

где  $k_{\Sigma ijkn} \cdot \lambda_{ijkn}(t) = \lambda_{\Sigma ijkn}(t)$  – расчетная интенсивность отказов  $i$ -го элемента с учетом особых условий его эксплуатации.

К граничным условиям при прогнозировании изменений функции  $q_{jk}(t)$  для элемента  $j$ -го типа в течение всего срока его службы относятся следующие характерные значения указанной функции:

- начальное значение в первый год эксплуатации (при отсутствии других данных может быть принято для расчетов равным 0,01);
- конечное значение в год списания (замены), которое может быть принято равным 0,4;
- конечные значения перед КР (при двух и более КР – с условием равномерного увеличения конечных значений функции перед КР в течение срока службы элемента до списания или замены);
- значения функции после проведения каждого КР с учетом того, что в результате КР происходит неполное восстановление ресурса и надежности элемента от начальных показателей в соответствующем периоде до КР. Критичность отказов элемента системы энергохозяйства  $n$ -го технологического объекта характеризует влияние его отказов (уровня работоспособности):
- на соответствующее обеспечение потребителей системы (электрической или тепловой энергией, питьевой и технической водой, водоотведением и очисткой промышленных и хозяйственных стоков, воздухом (вентиляцией и кондиционированием) требуемого качества);
- на выполнение установленных функций данными потребителями.

#### Этап 4. Выбор наиболее «слабого» элемента и формирование оптимального перечня элементов ЭХ ДО для включения в планы КР и списания (замены)

На этапе 4 осуществляется выбор наиболее «слабого» элемента и формирование оптимального перечня элементов ЭХ ДО. Наиболее «слабым» (критическим) элементом для его включения в соответствующий перечень элементов, подлежащих КР или списанию (замене) в планируе-

мом году, следует считать элемент с максимальным риском отказов в планируемом году, выбранный из состава энергохозяйства технологического объекта, имеющего максимальный средневзвешенный риск отказов в планируемом году.

Выбор наиболее «слабого» (критического) элемента для его включения в соответствующий перечень элементов, подлежащих КР или списанию (замене) в планируемом году, целесообразно проводить в следующей последовательности.

**1.** Выбрать технологический объект с максимальным значением средневзвешенного риска отказов в планируемом году.

**2.** Выбрать из состава энергохозяйства технологического объекта с максимальным значением показателя  $V_n(t)$  элемент с максимальным риском отказов в планируемом году.

**3.** Установить по исходным данным вид перечня, в который необходимо включить выбранный элемент, – перечень элементов, подлежащих КР в планируемом году, или аналогичный перечень элементов, подлежащих списанию (замене). При потребности в списании (замене) элемента следует уточнить, подлежит ли он замене на новый элемент или списанию без замены.

При формировании перечня элементов, подлежащих КР в планируемом году, выбор наиболее «слабого» (критического) элемента энергохозяйства необходимо осуществлять из числа элементов, подлежащих КР, а при формировании перечня элементов, подлежащих списанию (замене), – из числа элементов, подлежащих списанию (замене).

**4.** Проверить, соответствует ли выбранный «слабый» (критический) элемент установленным ограничениям для включения элемента в соответствующий перечень элементов, подлежащих КР или списанию (замене) в планируемом году:

- значение коэффициента  $k_{\Sigma ijkn}^{y.p.n} = 1$ ;
- стоимость КР или списания (замены) не превышает установленные лимиты средств.

**5.** При соответствии выбранного элемента указанным ограничениям следует включить в соответствующий

перечень элементов, подлежащих КР или списанию (замене) в планируемом году:

- наименование и установленное обозначение выбранного элемента;
- соответствующую стоимость КР или списания (замены) указанного элемента.

После включения «слабого» (критического) элемента в перечень элементов, подлежащих КР в планируемом году, в следующем цикле оптимизации необходимо учесть возможность продолжения его эксплуатации в планируемом году после проведения КР, для чего необходимо:

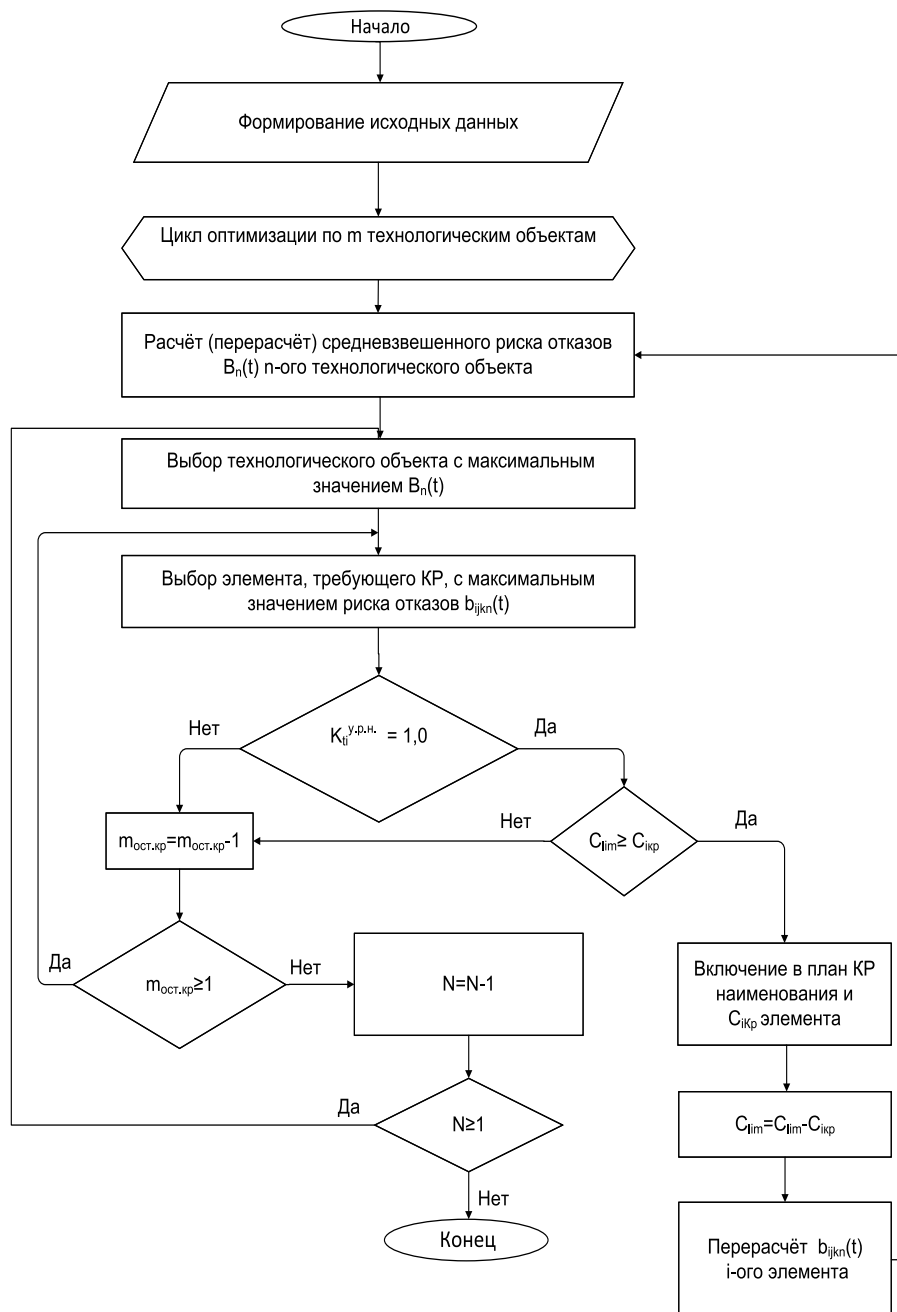
- уточнить риск отказов указанного элемента в планируемом году с присвоением расчетной вероятности отказов данного элемента ее граничного значения, установленного для времени  $t$  непосредственно после проведения планируемого КР;
- рассчитать средневзвешенный риск отказов технологического объекта, в состав энергохозяйства которого входит указанный элемент с уточненным значением его риска отказов.

После корректировки исходных данных следует начать очередной цикл оптимизации сроков и объемов КР элементов энергохозяйства.

В случае, когда элемент включен в перечень элементов, подлежащих списанию (замене) в планируемом году, и подлежит после списания замене на новый элемент, при корректировке исходных данных следует выполнить операции, установленные выше. При этом расчетной вероятности отказов этого элемента присваивается граничное значение, установленное для начала эксплуатации нового элемента соответствующего типа.

При включении элемента в перечень элементов, подлежащих списанию (замене) в планируемом году, с условием его списания без замены на новый элемент для корректировки исходных данных в следующем цикле оптимизации сроков и объемов списания (замены) элементов необходимо:

- исключить выбранный элемент из состава энергохозяйства соответствующего технологического объекта;
- определить средневзвешенный риск отказов технологического объекта, в состав энергохозяйства которого во-



где  $m_{ост.кр}$  – количество элементов, требующих рассмотрения при формировании перечня элементов, подлежащих КР;  
 $N$  – количество технологических объектов, требующих рассмотрения при формировании перечня элементов, подлежащих КР.  
 Рис. 1. Типовой алгоритм оптимизации сроков и объемов КР элементов энергохозяйства дочернего общества ОАО «Газпром»

дил указанный элемент, с учетом соответствующего уменьшения общего количества элементов энергохозяйства данного технологического объекта. Оптимизация сроков и объемов КР или списания (замены) объектов энергохозяйства завершается при выборе очередного наиболее «слабого» (критического) элемента, если коэффициент  $k_{ti}^{y.p.h.}$  для этого элемента имеет величину ниже граничного значения и (или) при достижении лимита общей стоимости соответствующих работ.

Типовой алгоритм оптимизации сроков и объемов КР элементов энергохозяйства дочернего общества ОАО «Газпром» приведен на рисунке 1. Указанный методический подход позволяет осуществлять по единым правилам рациональное планирование технического обслуживания, ремонта и списания (замены) оборудования и сооружений различных систем энергохозяйства при условии сохранения максимально возможного уровня надежности энергоснабжения.