

Капцова Н.И., асс.

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

## ОПТИМИЗАЦИЯ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ С ОБЪЕМАМИ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ИЗДЕЛИЙ ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

*Показано, что необходимым условием при оптимизации взаимосвязей показателей надежности изделий ГО и ТС и объемом ремонтно-восстановительных работ является наличие связей между их проектированием, производством и эксплуатацией. Получены зависимости трудоемкости, чистого времени и фактической длительности времени выполнения технологических операций восстановления и ремонта изделий от удельного расхода энергии, площади, на которой выполняется операция и количества ремонтируемых изделий. Результаты проведенных теоретических исследований позволяют сократить время простоев транспортных энергетических систем по причине выхода из строя этих изделий.*

**Ключевые слова:** оптимизация, показатели надежности, ремонтно-восстановительные работы, газовое оборудование, трубопроводные системы.

**Введение.** Эксплуатационная изменчивость скоростного напора энергоносителя в ГО и ТС является актуальным вопросом исследования и нормирования. Зависимость утечки энергоносителя от износа изделий ГО и ТС изучена недостаточно. Однако результаты проведенных исследований указывают на целесообразность учета этих факторов при проектировании, производстве и эксплуатации газового и другого энергетического оборудования.

Несмотря на тесную взаимосвязь между техническими свойствами надежности изделий ГО и ТС существуют также экономические и экологические связи, обусловленные затратами на их проектирование, производство и эксплуатацию, а также направленные на обеспечение требуемой безопасности и требующие оптимизации функционирования изделий ГО и ТС.

**Изложение основного материала.** Необходимым условием при оптимизации взаимосвязи показателей надежности и объемом ремонтно-восстановительных работ является наличие связей (двусторонних или односторонних) между проектированием, производством и эксплуатацией изделий ГО и ТС с учетом их технических возможностей.

Вследствие старения и износа например, прецизионных пар изделий ГО и ТС увеличиваются потери энергоносителя и, следовательно уменьшается долговечность их работы. Низкий уровень безотказной работы изделий ГО и ТС влечет за собой проведение дополнительных работ по обеспечению их работоспособности. Причем, чем выше показатель безотказной работы изделия, тем более длительным будет срок надежной работы ГО и ТС [1, 2].

Обозначим трудоемкость  $i$  ремонтно-восстановительной операции  $j$  изделия как

$$A_{oij} = F_i \cdot q_{2aij} \cdot H, \text{ кДж}, \quad (1)$$

а часовую герметизирующую способность изделия:

$$A_{rij} = F_i \cdot q_{2aij} \cdot \xi_j \cdot H, \text{ кДж/ч}, \quad (2)$$

тогда:

$$A_{rij} = \frac{1,05 \cdot 10^5 \cdot \xi_j}{\eta_{ej} \cdot \eta_{Tij}}, \text{ кДж/ч}, \quad (3)$$

$$q_{2aij} = \frac{A_T}{H \cdot \eta_{ej} \cdot \eta_{Tij}} = \frac{1,05 \cdot 10^5 \cdot \xi_j}{\eta_{ej} \cdot \eta_{Tij}}, \frac{\text{мГ}}{\text{Э} \cdot \text{Га}}, \quad (4)$$

При этом чистое время выполнения  $i$  технологической операции определим по формуле

$$t_{ij} = \frac{F_i \cdot q_{2aij} \cdot H \cdot \eta_{ej} \cdot \eta_{Tij}}{1,05 \cdot 10^5 \cdot \eta_j \cdot k_{ij}}, \quad (5)$$

где  $F_i$  — площадь, на которой должна выполняться ремонтно-восстановительная операция,  $\text{м}^2$ ;  $q_{2aij}$  — удельный расход энергии  $j$  изделия на  $i$  операции,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $H$  — теплотворная способность топлива,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ;  $\eta_{ej}, \eta_{Tij}$  — эффективный и тяговый КПД  $j$  энергетического средства соответственно;  $\xi_j$  — коэффициент перевода  $j$  энергетического средства в эталонное;  $\eta_j$  — количество  $j$  изделий, шт;  $k_{ij}$  — коэффициент использования энергетической способности  $j$  изделия на  $i$  операции.

При необходимости определения длительности  $i$  ремонтно-восстановительной операции в рабочих сменах знаменатель в формуле (5) умножаем на продолжительность времени смены  $T_{см}$  и коэффициент сменности  $K_{см}$  [3, 4].

Фактическая длительность  $i$  ремонтно-

восстановительной операции будет равна

$$t_{\phi ij} = t_{ij} + t_{TOij} + t_{\partial ij} + C_{ij}, \text{ ч}, \quad (6)$$

а коэффициент использования рабочего времени смены  $t_{ij}$  определим из уравнения

$$\varepsilon_{ij} = \frac{t_{ij}}{t_{\phi ij} = t_{ij} + t_{TOij} + t_{\partial ij} + C_{ij}}, \text{ ч}, \quad (7)$$

где  $t_{TOij}$  и  $t_{\partial ij}$  — внутрисменное время, которое затрачивается соответственно на ежедневное техническое обслуживание (ТО) и устранение отказов  $j$  изделия на  $i$  операции, ч;  $C_{ij}$  — прочие затраты времени, ч.

Кроме того возможно проведение второго и третьего технического обслуживания (ТО2 и ТО3 соответственно), на что затрачивается время смены

$$t_{\text{ТО}j} = Z_{\text{ТО}2j} \cdot t_{\text{ТО}2j}^H + Z_{\text{ТО}3j} \cdot t_{\text{ТО}3j}^H, \text{ ч}, \quad (8)$$

где  $Z_{\text{ТО}2}$  и  $Z_{\text{ТО}3}$  — количество соответственно ТО2 и ТО3 изделий за время выполнения  $i$  тех-

$$Z_{\text{ТО}ij} = \frac{F_i \cdot q_{\text{э.г.а.}ij} \cdot H \cdot \eta_{ei} \cdot \eta_{Tij} \cdot b_{ij}}{1,05 \cdot 10^5 \cdot \xi_j \cdot m_{\text{ТО}ij}} \left[ \left( \frac{1}{\Pi_{\text{ТО}2}} - \frac{1}{\Pi_{\text{ТО}3}} \right) \cdot t_{\text{ТО}ij}^H + \frac{t_{\text{ТО}2j}^H}{\Pi_{\text{ТО}3}} \right], \text{ ч}, \quad (13)$$

где  $b_{ij}$  — количество технических обслуживаний, выполняемых внутри смены;  $m_{\text{ТО}ij}$  — количество обслуживающего персонала, чел.

Внутрисменные потери времени из-за простоев ГО и ТС по причине неисправностей изделий определяется по формуле

$$Z_{\text{ТО}ij} = Z_{\text{ТО}ij} \cdot t_{0ij}^{\phi} = \frac{A_{0ij} \cdot t_{0ij}^{\phi}}{\Pi_{0ij} \cdot \xi_j \cdot q_{\text{э.г.а.}ij} \cdot H}, \text{ ч}, \quad (14)$$

или (в развернутом виде)

$$Z_{\text{ТО}ij} = \frac{F_i \cdot q_{\text{г.а.}ij} \cdot H \cdot \eta_{ei} \cdot \eta_{Tij} \cdot b_{ij}}{1,05 \cdot 10^5 \cdot \xi_j \cdot m_{\text{ТО}ij}} - \text{ч}, \quad (15)$$

$$t_{\phi ij} = \frac{F_i \cdot q_{\text{г.а.}ij} \cdot H \cdot \eta_{ei} \cdot \eta_{Tij}}{1,05 \cdot 10^5 \cdot \xi_j} \left\{ \frac{1}{\eta_j \cdot k_{ij}} + \frac{b_{ij}}{m_{\text{ТО}ij}} \cdot \left[ \left( \frac{1}{\Pi_{\text{ТО}2}} - \frac{1}{\Pi_{\text{ТО}3}} \right) \cdot t_{\text{ТО}ij}^H + \frac{t_{\text{ТО}2j}^H}{\Pi_{\text{ТО}3}} \right] + \frac{t_{0ij}^{\phi}}{\Pi_{0ij} + m_{0ij}} + C_u \right\} \quad (16)$$

Анализ выражения, описывающего взаимосвязь длительности технологических операций восстановления или ремонта изделия с их технической оснащённостью и безотказностью функционирования в ГО и ТС показывает, что при существующей безотказности с ростом уровня технической оснащённости эффективность выполнения ремонтно-восстановительных работ газовых хозяйств снижается [5,6].

Повышение технического уровня изделий ГО и ТС обеспечивается путем проведения восстановительных работ при различных видах ре-

нологической операции, шт;  $t_{\text{ТО}1j}^H$  и  $t_{\text{ТО}2j}^H$  — нормативная трудоемкость ТО2 и ТО3 изделий, чел.-ч.

Общее количество ТО2 и ТО3, которые  $j$  изделием на  $i$  технологической операции, подсчитано по формулам

$$Z_{\text{ТО}2j} = \frac{A_{0ij}}{\Pi_{\text{ТО}1} \cdot \xi_j \cdot q_{\text{э.г.а.}ij} \cdot H}, \text{ шт}, \quad (9)$$

$$Z_{\text{ТО}3} = \frac{A_{0ij}}{\Pi_{\text{ТО}2} \cdot \xi_j \cdot q_{\text{э.г.а.}ij} \cdot H}, \text{ шт}, \quad (10)$$

Следовательно, количество ТО будет равно

$$Z_{\text{ТО}ij} = Z_{\text{ТО}2, \text{ТО}3ij} - Z_{\text{ТО}1ij}, \text{ шт}, \quad (11)$$

или

$$Z_{\text{ТО}ij} = \frac{A_{0ij}}{\xi_j \cdot q_{\text{э.г.а.}ij} \cdot H} \left( \frac{1}{\Pi_{\text{ТО}2}} - \frac{1}{\Pi_{\text{ТО}3}} \right), \text{ шт}, \quad (12)$$

Затраты времени смены на технологическое обслуживание  $j$  изделий на  $i$  технологической операции определим по выражению

где  $Z_{0ij}$  — количество отказов  $j$  изделий на  $i$  технологической операции, шт;  $t_{0ij}^{\phi}$  — фактическая средняя трудоемкость устранения одного отказа, н/ч;  $\Pi_{0ij}$  — средняя периодичность отказов, ч;  $m_{0ij}$  — количество членов звена, устранявшего неисправности, чел.

С учетом выражений фактическая продолжительность выполнения  $i$  технологической операции  $j$  изделия будет равна

монта, где целесообразно устранять мелкие дефекты и утечки, проводить ремонт запорной части например, трубной арматуры и другие повреждения, изоляций, колодцев, опор, заменять неисправные краны, задвижки и отдельные участки труб. При плановом ремонте проводить разработку изделий ГО и ТС с заменой и ремонтом износившихся частей на специализированном ремонтно-механическом предприятии [7,8].

Структуру простоев изделий ГО и ТС в зависимости от полноты и качества проведения

технического обслуживания или ремонта можно оценить по формуле

$$A = \frac{\sum t_i(\phi)}{\sum t_i(H)}, \quad (17)$$

где  $\sum t_i(\phi)$  и  $\sum t_i(H)$  — фактическая и нормативная удельная трудоемкость технического обслуживания или ремонта изделий ГО и ТС.

#### Выводы.

1) Необходимым условием при проведении оптимизации взаимосвязи показателей надежности изделий ГО и ТС и объемом ремонтно-восстановительных работ является наличие связей между проектированием, производством и эксплуатацией изделий ГО и ТС.

2) Вследствие старения и износа элементов изделий ГО и ТС увеличиваются потери энергоносителя в ГО и ТС и снижается уровень их безотказной работы.

3) Трудоемкость ремонтно-восстановительных операций, коэффициент использования рабочего времени смены, количество плановых ремонтов и технических обслуживаний зависит от удельного расхода энергии, КПД энергетического средства, а также количества технических обслуживаний, выполняемых внутри смены.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Капцов И.И. Сокращение потерь газа на магистральных газопроводах. М., Недра, 1988. 160 с.
2. Смірнов Н.Е., Іцковіч А.А. Методи обслуговування і ремонту машин по технічному стану. М., Знання, 1973. 256 с.
3. Базовский И.И. Надежность. Теория и практика. М., Мир, 1965. 374с.
4. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей. М., Машиностроение, 1966. 327с.
5. Масловский В.В., Капцов И.И., Сокруто И.В. Основы технологии ремонта газового оборудования и трубопроводных систем. М., Высшая школа, 2007. 320с.
6. Елізаветін М.А. Підвищення надійності машин. М., Машинобудування, 1973. 432с.
7. Miroshnik M.A., Kotukh V.G., Selevko S.N. Application of software complex for query processing in the database management system with a view of dispatching problem solving in Grid systems. Telecommunications and radio engineering. 2013. Vol.27. № 10. С. 875–891.
8. Klyuchnyk Igor, Miroshnik Marina, Tsekhmistro Roman, Warsza Zygmunt, Zaichenko Olga Model of influences of sensor reflections on the accuracy of microwave reflectometer. // PAK (Pomiary Automatyka Kontrola) vol. 60, nr /2014. P. 1-4.