

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЛЕКТАЦИИ РЕМОНТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

*ООО «ИК «Машекспорт», Киев, Украина

Анотація. Розглянуто питання вибору оптимальних організаційно-технологічних варіантів функціонування ремонтно-експлуатуючого підрозділу (РЕП). Розроблено математичну модель системи технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) лінійної частини магістрального газопроводу (ЛЧ МГ). Наведено методику щодо оцінки оптимальності прийнятих організаційно-технологічних рішень (функція цілі у вигляді середніх сумарних питомих витрат на ТОіР ЛЧ МГ з урахуванням показників надійності та ремонтпридатності газотранспортної системи) в залежності від усіх характеристик структурної схеми розміщення РЕП в системі ТОіР і режиму функціонування підрозділів у ході контрольно-відновлювальних заходів.

Ключові слова: магістральний газопровід, ремонтно-експлуатуючі підрозділи, технічне обслуговування та ремонт, математична модель, контрольно-відновлювальні заходи.

Аннотация. Рассмотрен вопрос выбора оптимальных организационно-технологических вариантов функционирования ремонтно-эксплуатирующего подразделения (РЭП). Разработана математическая модель системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) линейной части магистрального газопровода (ЛЧ МГ). Приведена методика по оценке оптимальности принятых организационно-технологических решений (функция цели в виде средних суммарных удельных затрат на ТОиР ЛЧ МГ с учетом показателей надежности и ремонтпригодности газотранспортной системы) в зависимости от всех характеристик структурной схемы размещения РЭП в системе ТОиР и режима функционирования подразделений в ходе контрольно-восстановительных мероприятий.

Ключевые слова: магистральный газопровод, ремонтно-эксплуатирующие подразделения, техническое обслуживание и ремонт, математическая модель, контрольно-восстановительные мероприятия.

Abstract. The problem of choosing the best organizational and technological options of repair and maintenance units (RMU) functioning was regarded. A mathematical model of maintenance system (MS) of the linear part of the main gasline (LP MG) was developed. The methodology to assess the optimality of organizational and technological solutions (the objective function in the form of average total unit costs for MR LP MG based on indicators of reliability and maintainability of the gas transportation system) depending on the characteristics of the structural location of the RMD in the MRO system and the mode of functioning units during control and rehabilitation measures was given.

Keywords: main gasline, repair and maintenance unit, maintenance support, mathematical model, control and rehabilitation measures.

1. Вступ

Реальная оснащённость производственных подразделений в системе ТОиР не соответствует требованиям действующих нормативов. Аналогичная ситуация складывается и в вопросах комплектации РЭП обслуживающим персоналом. Поэтому задачи повышения эффективности использования имеющихся в распоряжении технических средств (включая транспортные) при проведении восстановительных мероприятий на основе научной организации ТОиР и оптимального управления техническими ресурсами имеют в данный момент все большее значение.

Для выполнения объема работ по организации ТОиР необходимо привлечь определенные мощности (набор машин и механизмов и обслуживающий их персонал). Совокуп-

ность технических средств и человеческих ресурсов принято называть модулем. Состав технологического модуля определяется технологией выполняемых работ, а также особыми условиями, наличием того или иного типа техники, временными ограничениями и другими факторами.

Предлагаются модульно-технологическая модель обслуживания и ремонта объектов ЛЧ МГ и методика оценки показателей эффективности деятельности РЭП, которая позволяет решать задачи оптимального организационно-управленческого обеспечения ТОиР. Речь идет о совершенствовании организации и управления процессом эксплуатационного обслуживания при:

- известном размещении и твердом закреплении за РЭП определенных участков газопроводов;
- фиксированной стратегии и режиме контрольно-восстановительных мероприятий;
- известной суммарной мощности РЭП, уровне его машинооснащения и укомплектованности;
- при наличии информации о состоянии системы в целом, влиянии внешних случайных неуправляемых факторов.

При наличии достаточно жестких ограничений, налагаемых на формирование модели, многофакторность процесса функционирования РЭП и случайный характер параметров, влияющих на него, требуют непосредственного использования ЭВМ при проведении расчетов.

Постановка проблемы

Моральное и физическое старение труб, технологического оборудования снижает их энергетическую эффективность, надежность, безопасность работы газопроводов, загрязняет окружающую среду. Мощность современных магистральных газопроводов такова, что повреждения на линейной части оказывают не только значительные потери газа и расходы на ремонтно-восстановительные работы, но и являются источниками крупных аварий с возможными катастрофическими последствиями (в том числе с человеческими жертвами), наносят вред экологии. Особенно актуальна эта проблема для газопроводов, пролегающих в густонаселенных районах.

В связи с этим при планировании контрольно-восстановительных мероприятий на действующих газовых магистралях необходимо ужесточить требования, предъявляемые к линейным эксплуатационным службам при планировании и проведении обслуживания и ремонта с целью обеспечения надежной и безотказной работы системы.

Цель

Постановка и решение задачи оптимизации выбора оптимальных организационно-технологических вариантов функционирования ремонтно-эксплуатационных подразделений с использованием метода математического моделирования.

2. Постановка задачи и формирование математической модели

Итак, под процессом функционирования K -го РЭП в системе ТОиР ЛЧ МГ будем понимать освоение некоторого системного комплекса работ R_V^K , выполненного для устранения повреждений, случайно появившихся в ходе эксплуатации, и отказов на линейной части, а также выполнение ряда мер эксплуатационного характера. Цель функционирования РЭП можно конкретизировать с учетом предыдущих замечаний: достижение определенных объемных и качественных показателей, характеризующих поток заявок на ТОиР, с наименьшими затратами и в кратчайшие сроки.

Так как эти цели порой противоречат друг другу, сформулируем три подхода к постановке задачи повышения эффективности ТОиР.

Первый подход заключается в том, что в процессе выработки оптимальных организационно-технологических решений главной целью является достижение минимальных затрат и расходов на проведение ремонтно-восстановительных и профилактических работ в течение некоторого фиксированного максимально допустимого периода времени. Второй подход состоит в стремлении максимально ускоренного проведения комплекса необходимых работ с некоторыми ограничениями по суммарной мощности привлекаемых подразделений. Использование того или иного подхода существенно упрощает процесс поиска оптимальных решений за счет резкого сокращения числа рассматриваемых альтернативных вариантов организационно-технологического обеспечения ТОиР, сокращение вычислительных операций. Однако при рассмотрении системы без учета влияния различных управляемых и случайных факторов вне их системной связи вряд ли удастся отыскать глобальный оптимум исследуемой функции цели. В связи с этим наибольший интерес представляет задача поиска оптимальных соотношений объемных, качественных и временных показателей без фиксирования каких-либо из них. Иными словами, третий подход к постановке задачи может быть сформулирован так: осуществить выполнение комплекса необходимых работ в таком объеме, в такие сроки, по такой технологии, таким составом и машинооснащением, при которых общие суммарные системные расходы были бы минимальными.

Итак, выбор оптимальных организационно-технологических вариантов функционирования РЭП целесообразно вести по двум критериям: затраты на проведение ремонтно-эксплуатационного обслуживания (с учетом основных производственных затрат и сопутствующих); продолжительность выполнения комплекса ремонтно-восстановительных работ, требующих снижения производительности газопровода или его полной остановки.

Причем, указанные критерии оптимизации очень противоречивы: с одной стороны, затраты на ремонтно-восстановительные работы резко возрастают при сокращении времени, выделенного на их проведение, с другой стороны, неоправданное продолжение времени ремонта ведет к большим убыткам у потребителя вследствие снижения пропускной способности газопровода (или его полной остановки).

Одним из важнейших этапов планирования, организации и управления деятельностью ремонтно-эксплуатационного подразделения в ходе ТОиР является выбор технологии проведения тех или иных профилактических и восстановительных работ линейной части с учетом конкретных условий эксплуатации и других сопутствующих факторов. В настоящее время, кроме требований СНиП и типовых проектов на выполнение отдельных ремонтно-восстановительных работ [1–3], не существует обоснованных рекомендаций по принятию тех или иных технологических решений. Анализ практики эксплуатации и восстановления газотранспортных систем доказывает существование различных альтернативных вариантов технологии проведения работ на различных объектах ЛЧ. Существенно влияют на эффективность того или иного решения особые условия эксплуатации, а также ограничения, связанные с наличием ресурсов (времени, средств, материально-технических и др. средств). Главную роль при оценке сложившейся ситуации на обслуживаемом участке (объекте) ЛЧ и принятии решений о порядке и технологии проведения ремонтно-восстановительных работ играют, как правило, руководители эксплуатационных подразделений. Основой такой оценки является личный производственный опыт конкретного руководителя (или группы людей) с учетом нескольких наиболее явных факторов. Опыт эксплуатации показывает, что подобный подход не всегда корректен, учитываются не всегда весомые факторы, что приводит к принятию неэффективных технологических решений, нерациональному использованию имеющихся ресурсов, повышению эксплуатационных расходов и потерям в ходе ТОиР ЛЧ МГ.

В рамках модульно-технологической модели ТООР ЛЧ МГ и ее элементов сформированы наиболее распространенные технологические наборы восстановительных и профилактических работ различных уровней приоритета.

Каждому технологическому набору работ соответствует вполне определенный технологический модуль – набор машин, механизмов и обслуживающего персонала, необходимого для его выполнения. Варьируя технологией работ и оснащением модуля, можно достигать различных показателей производительности [4].

Причем, необходима комплексная оценка всех факторов, влияющих на процесс функционирования данного подразделения. К этим факторам относятся все характеристики структурной схемы размещения РЭП в системе ТООР и режима функционирования подразделений в ходе контрольно-восстановительных мероприятий. Критерием оптимальности принятых организационно-технологических решений является функция цели в виде средних суммарных удельных затрат на ТООР ЛЧ МГ с учетом показателей надежности и ремонтпригодности газотранспортной системы.

Задача выбора рациональной технологии сводится к нескольким последовательным этапам:

- оценка ситуации и формирование возможных вариантов технологии выполнения работ с привлечением определенных мощностей;
- анализ технологических ограничений и других факторов, выступающих в качестве таковых;
- подготовка исходных данных для проведения расчетов по оставшимся альтернативным вариантам;
- расчет и сопоставление показателей эффективности рассмотренных технологических альтернатив.

В общем виде задача выглядит так:

$$\min_{R_{jv}^{KN}; m_{jv}^{KN}} \bar{z}_{\Sigma} (R_{jv}^{KN}; m_{jv}^{KN}), \quad (1)$$

где R_{jv}^{KN} – вид технологии;

m_{jv}^{KN} – технологический модуль;

\bar{z}_{Σ} – средние суммарные удельные затраты;

j – набор работ;

v – объект (элемент);

N – уровень приоритета;

K – РЭП в системе.

При ограничениях на время выполнения работ:

$$\begin{cases} \min_{R_{jv}^{KN}; m_{jv}^{KN}} \bar{z}_{\Sigma} (R_{jv}^{KN}; m_{jv}^{KN}) \\ \tau \leq \tau_{don} \end{cases}, \quad (2)$$

где τ – затрата времени на выполнение работ.

При ограничениях на мощность привлеченных подразделений:

$$\begin{cases} \min_{R_{jv}^{KN}; m_{jv}^{KN}} \bar{Z}_{\Sigma} (R_{jv}^{KN}; m_{jv}^{KN}) \\ m_{jv}^{KN} \leq M_{\text{факт}}^K \end{cases} \quad (3)$$

При ограничениях на любые виды материально-технических ресурсов:

$$\begin{cases} \min_{R_{jv}^{KN}; m_{jv}^{KN}} \bar{Z}_{\Sigma} (R_{jv}^{KN}; m_{jv}^{KN}) \\ S_V^K \leq S_{V\text{факт}}^K \end{cases}, \quad (4)$$

где S – материально-технические ресурсы.

При ограничениях на суммарный убыток (объем) недопоставки газа потребителю:

$$\begin{cases} \min_{R_{jv}^{KN}; m_{jv}^{KN}} \bar{Z}_{\Sigma} (R_{jv}^{KN}; m_{jv}^{KN}) \\ \bar{Q} \leq \bar{Q}_{\text{дон}} \end{cases}, \quad (5)$$

где \bar{Q} – некий допустимый уровень убытка от потерь газа.

На практике часто возникает ситуация, когда для выполнения больших трудоемких восстановительных (плановых или аварийных) работ недостаточно имеющихся мощностей и ресурсов. Недостаточно, как правило, производительности (ресурсов) для обеспечения именно эффективной работы в народнохозяйственном масштабе в соответствии с предложенной выше математической моделью системы ТОиР ЛЧ МГ. В подобных случаях существуют два пути:

- осуществлять планируемые работы имеющимися средствами, не оценивая эффективность такого подхода;
- привлекать дополнительные ресурсы и мощности извне (например, соседнего подразделения).

Отвергая первый путь как таковой, что не представляет научного интереса, задачу целесообразности и эффективности привлечения дополнительных мощностей можно представить в виде

$$\min_{\{m_{jv}^{KN}\}_{k=1}^K} \bar{Z}_{\Sigma} (\{m_{jv}^{KN}\}) \quad (6)$$

при $m_{jv}^{KN} \leq m_{jv \text{ факт}}^{KN}$.

При привлечении дополнительных материально-технических ресурсов:

$$\min_{\{S_{jv}^{KN}\}_{k=1}^K} \bar{Z}_{\Sigma} (\{S_{jv}^{KN}\}) \quad (7)$$

при $S_{jv}^{KN} \leq S_{jv \text{ факт}}^{KN}$.

3. Выводы

Предлагаемая методика позволяет выполнять различные расчеты с целью поиска оптимальных организационно-технологических решений по критерию минимума средних суммарных удельных затрат. Большая база данных и возможность оперативной обработки большого объема информации дает возможность использования данной компьютерной

ентированной методики при оперативном управлении ремонтно-эксплуатационными подразделениями различного иерархического уровня и специализации непосредственно в ходе ТОиР действующих газотранспортных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 831 с.
2. Левин В.И. Структурно-логические методы исследования сложных систем с применением ЭВМ / Левин В.И. – М.: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 304 с.
3. Шибнев А.В. Оптимизация периодичности проверок объектов линейной части газопроводов / А.В. Шибнев // Транспорт, переработка и использование газа в народном хозяйстве. – 1984. – № 12. – С.7 – 9.
4. Грудзь В.Я. Обслуживание газотранспортных систем / Грудзь В.Я., Тымкив Д.Ф., Яковлев Е.И. – К.: УМК ВО, 1991. – 160 с.

Стаття надійшла до редакції 08.07.2013