

## МЕТОДОЛОГИЯ ПОДДЕРЖАНИЯ, ПРОДЛЕНИЯ И ОБНОВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ – ОСНОВА НАДЕЖНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

УДК 622.691.4

**Н.Х. Халлыев**, д. т. н., проф., РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина (Москва, РФ)

**Р.Р. Усманов**, к. т. н., ПАО «Газпром», ООО «Газпром трансгаз Уфа» (Уфа, Республика Башкортостан, РФ)

**М.В. Чучкалов**, д. т. н., ПАО «Газпром», ООО «Газпром трансгаз Уфа», mchuchkalov@ufa-tr.gazprom.ru

**И.И. Велиюлин**, д. т. н., ООО «ЭКСИКОМ» (Москва, РФ)

Надежность и безопасность линейной части магистральных газопроводов (ЛЧ МГ) является важнейшим фактором стабильности и роста экономического потенциала России. В последние годы главной проблемой, приводящей к нарушению целостности ЛЧ МГ, является коррозия металла труб, и особенно процесс коррозионного растрескивания под напряжением (КРН), по причине которого происходит большинство аварий. К тому же доля таких аварий продолжает расти, а география присутствия КРН – расширяться. В статье рассмотрены основные способы повышения надежности и эффективности действующих МГ. Раскрывается суть предлагаемой методологии обновления газотранспортной системы ПАО «Газпром». Приведена технологическая и организационная последовательность нового метода поэтапного ремонта, позволяющего сохранить целостность газопроводов в условиях существенного сокращения инвестиций.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** МАГИСТРАЛЬНЫЙ ГАЗОПРОВОД, КОРРОЗИОННОЕ РАСТРЕСКИВАНИЕ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ, ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ, СРОК СЛУЖБЫ.

Особая важность вопросов надежности и безопасности ЛЧ МГ связана с продолжающимся старением отработавших свой амортизационный ресурс газопроводов в условиях существенного сокращения инвестиций в поддержание их работоспособности. Так, ежегодно планируемые объемы ремонтных работ в 2–3 раза ниже фактически требуемых. Несвоевременное выявление и ликвидация аварийных очагов приводят к катастрофическим разрушениям, значительному экологическому и материальному ущербу.

Более того, если первый МГ «Саратов – Москва» диаметром 375 мм и протяженностью 835 км был построен и введен в эксплуатацию в 1946 г., в тяжелых для страны условиях, то

сегодня в работе находится около 180 тыс. км газопроводов диаметром 325–1420 мм, требующих особого отношения с точки зрения сохранения их целостности для бесперебойного газоснабжения потребителей.

Многолетний опыт эксплуатации ЛЧМГ показал целесообразность четкого разделения жизненного цикла газопровода на три этапа (рис. 1–3) в целях решения задач по повышению надежности на каждом из них.

Первый этап жизненного цикла газопроводов проходил полностью с соблюдением требований Правил технической эксплуатации магистральных газопроводов, а с 2010 г. – Правил эксплуатации магистральных газопроводов. Однако в процес-

се эксплуатации газопроводов в разных природно-климатических условиях возникали различные причины, приводящие к аварийным отказам.

В 1990 г. в отрасли была принята программа по приобретению и созданию технологии и технических средств по комплексному определению технического состояния действующих МГ. Это позволило разработать и внедрить научно обоснованные нормативные документы, а также комплекс специальных средств для производства ремонтно-восстановительных работ на ЛЧ МГ. Среди многообразия разработанных нормативных документов, по мнению авторов, важными являются Правила определения технического состояния магистраль-

**Khallyev N.Kh.**, Doctor of Engineering Science, Professor, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (Moscow, RF)

**Usmanov R.R.**, Ph.D. in Engineering Science, Gazprom PJSC, Gazprom Transgaz Ufa LLC (Ufa, the Republic of Bashkortostan, RF)

**Chuchkalov M.V.**, Ph.D. in Engineering Science, Gazprom PJSC, Gazprom Transgaz Ufa LLC,  
mchuchkalov@ufa-tr.gazprom.ru

**Veliyulin I.I.**, Doctor of Engineering Science, EXICOM LLC (Moscow, RF)

### Methodology for the maintenance, renewal and renovation of the linear part of main gas pipelines is the foundation of reliable and safe operation of the gas transport system

The reliability and safety of the linear part of main gas pipelines (LPMGP) is a crucial factor of the stability and growth of Russia's economic potential. For the last years the main problem which leads to a disruption of the LPMGP's integrity has been pipe metal corrosion and especially a stress-corrosion cracking process (SCC) which is the cause of the majority of accidents. Moreover, the number of such accidents is still growing, while the geography of SCC's location is still expanding. The article reviews the main methods of increasing the reliability and efficiency of the existing main gas pipelines. It unfolds the nature of the proposed methodology of the gas transport system's renovation at Gazprom PJSC. One presents a technological and organizational sequence of the new step-by-step repair method which allows preserving the integrity of gas pipelines in the context of a drastic reduction of investments.

**KEY WORDS:** MAIN GAS PIPELINE, STRESS-CORROSION CRACKING, REALIBILITY INCREASE, SERVICE LIFE.

ных газопроводов по результатам внутритрубной диагностики и Инструкция по повторному применению труб при капитальном ремонте ЛЧ МГ. Техническое состояние газотранспортной системы ОАО «Газпром» потребовало безотлагательного проведения мероприятий по сохранению целостности МГ и, в дальнейшем, продлению срока их службы.

В целях реализации этих отраслевых задач в начале 1999 г. была разработана научно обоснованная Методология поддержания и развития эксплуатационной надежности и безопасности ЛЧ МГ ОАО «Газпром» (рис. 4) [1, 2].

Реализацию этой программы планировалось провести в несколько этапов, таких как:

1) повышение эффективности, эксплуатационной надежности и безопасности действующих МГ;

2) разработка и создание высокопроизводительной технологии, технических средств и организации производства ремонтных работ на ЛЧ МГ;

3) поиск и разработка технологии капитального ремонта ЛЧ МГ без остановки транспорта газа в целях обновления газотранспортной системы до 2030 г.

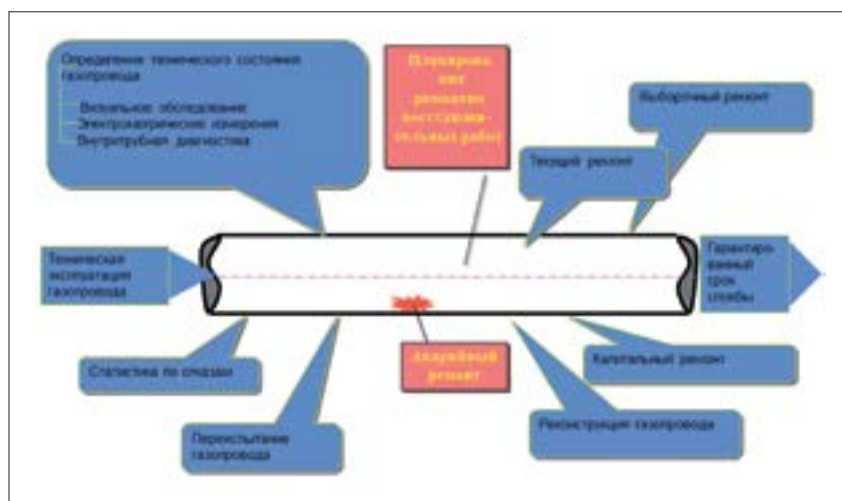


Рис. 1. Принципиальная схема жизненного цикла (первый этап) – поддержание эксплуатационной надежности и безопасности ЛЧ МГ

На первом этапе (1999–2002 гг.) решалась задача сокращения числа аварийных отказов на ЛЧ МГ. Это было достигнуто за счет проведения комплекса мероприятий по определению технического состояния газопроводов методами комплексной технической диагностики, планирования и выполнения выборочного ремонта на отдельных участках.

Для реализации второго этапа (2003–2010 гг.) были разработаны основные требования к тех-

нологии капитального ремонта ЛЧ МГ (рис. 5) [3]. По завершении ремонтных работ был установлен требуемый срок эксплуатации в 25 лет.

Методология в дальнейшем включает разработку новых технологий, технических средств и изоляционных материалов для создания условий дальнейшей безопасной эксплуатации с гарантированным сроком службы отремонтированных участков ЛЧ МГ.

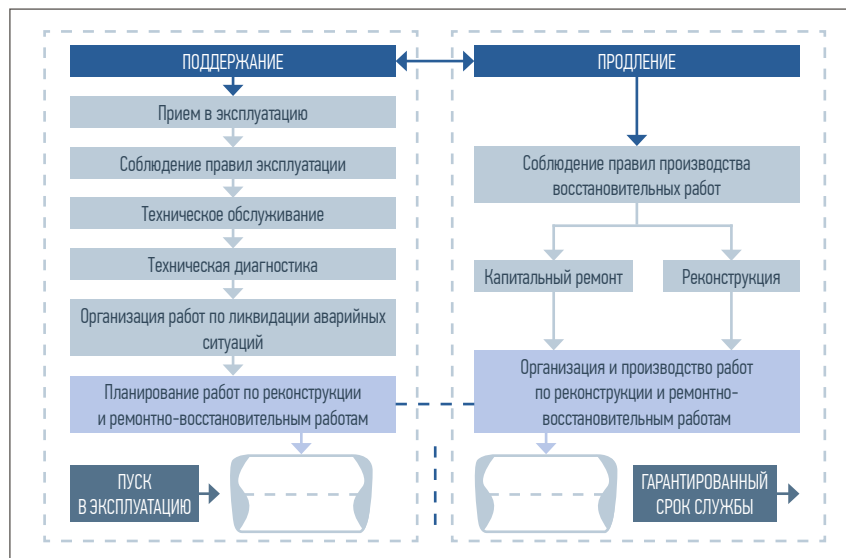


Рис. 2. Принципиальная схема жизненного цикла (второй этап) – продление срока надежной и безопасной эксплуатации ЛЧ МГ

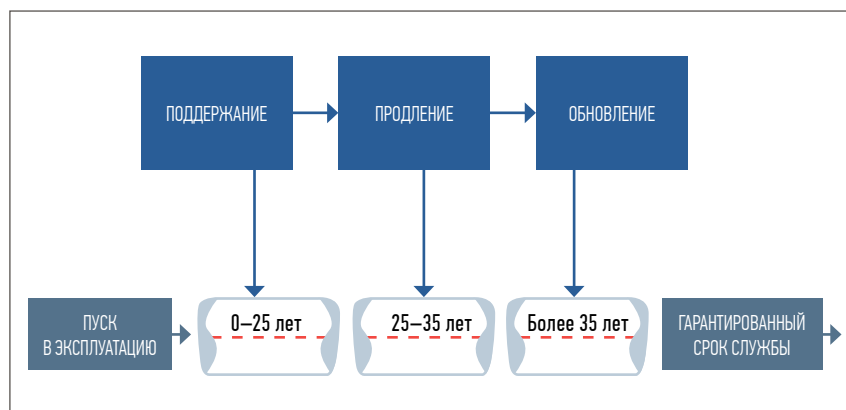


Рис. 3. Принципиальная схема жизненного цикла (третий этап) – обновление системы газопроводов



Рис. 4. Методология поддержания и развития эксплуатационной надежности и безопасности ЛЧ МГ ПАО «Газпром»

Для реализации этой цели были разработаны новые технологии ремонта газопроводов в траншее с подкопом (рис. 6) [3] и с подъемом в траншее (рис. 7) [4], создан комплекс специальных технических средств для их промышленного внедрения, а также специальные изоляционные материалы для механизированного нанесения горячей мастики методом экструзии и др. Внедрение этих разработок позволило значительно увеличить годовые объемы работ, повысить надежность, а также продлить срок службы длительно эксплуатируемых газопроводов.

Эти мероприятия позволили значительно снизить аварийность на МГ и перейти к их ремонту в плановом порядке (рис. 8).

В настоящее время осуществляется реализация задач второго этапа по продлению эксплуатационной надежности и безопасности МГ с гарантированным сроком.

Тем не менее, как показала практика, ежегодные объемы капитального ремонта газопроводов на сегодня недостаточны для продления жизненного цикла газотранспортной системы. В этих условиях основной целью является пересмотр технических и организационных задач производства ремонтных работ на ЛЧ МГ.

Решение этой проблемы возможно тремя путями (рис. 9):

- совершенствованием технологии, технических средств, организации труда, производства и управления;
- созданием принципиально нового универсального изоляционного комплекса;
- увеличением количества ремонтно-строительных потоков (РСП).

В современных условиях увеличение ежегодных объемов и качества работ по переизоляции МГ возможно за счет увеличения РСП или создания универсального изоляционного комплекса. Однако

это трудновыполнимо, поскольку в условиях жесткой экономии средств финансирование серьезных научных разработок приостановлено.

Наиболее оптимальным в современный период является первый вариант, который за счет совершенствования методов ремонта, технических средств, оптимальных методов организации труда и производства, а также управления ремонтно-строительными работами позволит решить поставленную задачу, тем более в современных условиях, когда объемы фактической замены труб при капитальном ремонте значительно выше плановых.

Такое положение требует внедрения в практику капитального ремонта третьего этапа принципиальной схемы – методологии обновления системы надежной и безопасной эксплуатации ЛЧ МГ (рис. 10).

Обновление – возвращение газопровода в работоспособное состояние с гарантированным сроком эксплуатации труб, бывших в эксплуатации, за счет выполнения комплекса организационно-технических мероприятий и ремонтно-восстановительных работ.

В целях реализации этого принципа был разработан СТО «Газпром трансгаз Уфа» 3.3-1-0877-2014 «Технология поэтапного метода ремонта линейной части магистральных газопроводов». Основой документа является техно-



Рис. 5. Основные требования к технологии капитального ремонта ЛЧМГ

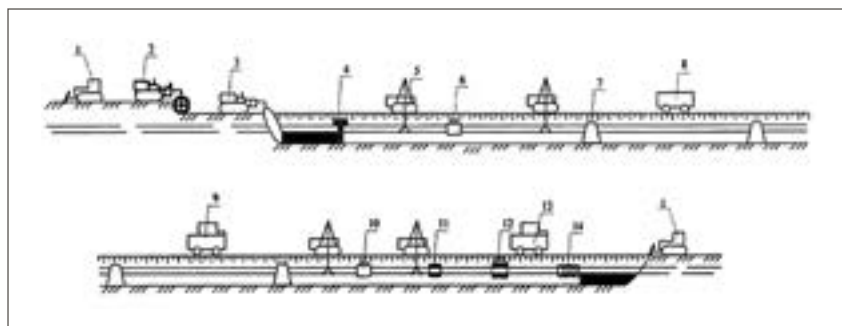


Рис. 6. Технологическая схема ремонта газопровода в траншее с подкопом:  
1 – бульдозер; 2 – машина послойной разработки грунта; 3 – вскрышной роторный экскаватор; 4 – подкапывающая машина; 5 – трубоукладчик; 6 – очистная машина (предварительная очистка); 7 – самоходные опоры; 8 – сварочная установка; 9 – передвижная установка контроля качества сварных работ; 10 – очистная машина (окончательная очистка); 11 – грунтовочная машина; 12 – изоляционная машина; 13 – лаборатория контроля качества изоляционного покрытия; 14 – машина для подсыпки и подбивки грунта под трубопровод

логия поэтапного производства ремонта (рис. 11).

Технологическая и организационная последовательность метода поэтапного ремонта МГ такова.

**Этап I.** Параллельно проложенный участок газопровода от крана до крана:

- отключение участка газопровода, подлежащего ремонту, и

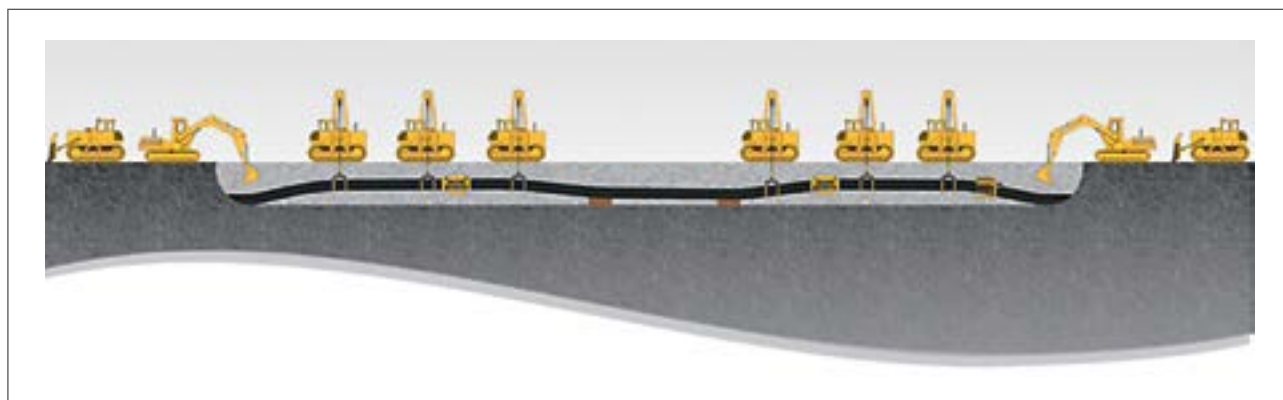


Рис. 7. Технологическая схема ремонта газопровода с подъемом в траншее

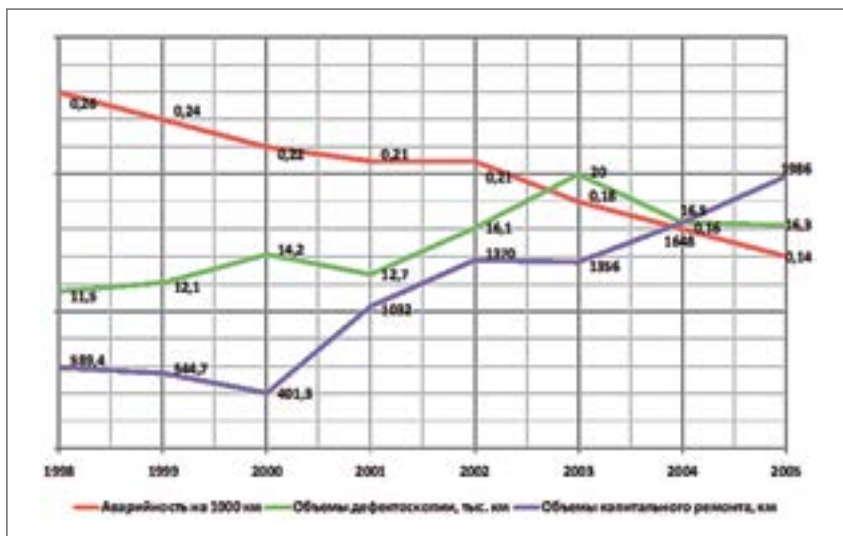


Рис. 8. Влияние ремонта и диагностики на аварийность трубопроводов



Рис. 9. Основные способы повышения эффективности и эксплуатационной надежности действующих МГ



Рис. 10. Обеспечение эффективности газотранспортной системы в современных условиях на основе внедрения методологии обновления

освобождение его от газа (отключаемый участок газопровода ограничен двумя соседними линейными кранами);

- врезка параллельно уложенного участка в действующий газопровод.

**Этап II.** Действующий газопровод:

- демонтаж отключенного участка и перевозка труб на мобильную ремонтную базу;
- производство восстановительных работ на мобильной базе.

**Этап III.** Газопровод, подлежащий ремонту:

- перевозка восстановленных труб на очередной участок, подлежащий ремонту (ограниченный соседними линейными кранами);
- монтаж и укладка отремонтированного участка в траншею;
- испытания и врезка отремонтированного участка в действующий газопровод.

#### ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ ПОЭТАПНОГО РЕМОНТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ:

- поэтапное производство работ;
- производство работ от крана до крана;
- внедрение технологий по операционному контролю на всех этапах производства работ;
- реновация демонтированного участка на мобильной ремонтной базе без ограничения времени и с восстановлением до 80 % труб;
- изоляция восстановленных труб в базовых условиях по технологии заводской изоляции.

Технологическая последовательность производства работ, в том числе восстановительных на демонтированных трубах, бывших в эксплуатации, на мобильной базе приведена на рис. 12.

В целом основным преимуществом разработки является отказ от технологии переизоляции газопроводов в трассовых условиях в пользу ремонта труб на мобильных базах по технологии заводской изоляции и без остановки транспорта газа. Кроме того, такой ремонт дает возмож-

## ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ КАК ВИД ИСКУССТВА



Компания «Химсервис» – **российское** производственное предприятие, специализирующееся на разработке и выпуске оборудования для электрохимической защиты от коррозии подземных трубопроводов, емкостей и резервуаров, в том числе для защиты внутренних поверхностей.

На сегодняшний день «Химсервис» производит более 50 наименований продукции под торговой маркой «Менделеевец».

Производственный процесс ориентирован на использование отечественных материалов и комплектующих, что полностью соответствует стратегии развития российской экономики.

**Анодные заземлители «Менделеевец»®**

**Оборудование для систем ПКЗ**

**Приборы для диагностики трубопроводов**

**Сертификация систем ПКЗ**

**«МЕНДЕЛЕЕВЦ»**  
ферросилидвые  
анодные заземлители



Высокий срок службы.  
Выпускается несколько  
модификаций, в т.ч.  
комплектные АЗ

**ПКВ «МЕНДЕЛЕЕВЦ»**  
прибор для припайки  
катодных выводов



Обеспечивает  
надежный контакт  
с малым переходным  
сопротивлением

**КИП ХС «МЕНДЕЛЕЕВЦ»**  
со встроенным блоком  
совместной защиты



Блок совместной  
защиты обладает  
широким диапазоном  
регулировки



**КАТОДНАЯ ЗАЩИТА**  
ОТ КОРРОЗИИ

Тел.: +7 (48762) 3-44-87  
E-mail: op@ch-s.ru

ность применения «стресс-теста», позволяющего останавливать развитие КРН, не выявленного по результатам диагностики. Все это позволяет значительное число труб вернуть на трассу для дальнейшей длительной эксплуатации и снизить объем ремонта с их заменой.

В последующем комплексный эффект от применения технологии для отрасли может быть получен в результате разработки и внедрения стратегии управления обновлением ГТС (рис. 13).

Кроме того, производство поэтапного ремонта ЛЧ МГ может быть реализовано не только на мобильных базах предприятий, но и на трубных заводах с использованием их мощностей. ■

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Будзуляк Б.В. Методология повышения эффективности эксплуатации системы трубопроводного транспорта газа на стадии развития и реконструкции. М.: Недра, 2003. 172 с.
2. Халлыев Н.Х., Будзуляк Б.В., Алимов С.В. и др. Капитальный ремонт линейной части магистральных газопроводов. М.: Макс Пресс, 2011. 448 с.
3. Халлыев Н.Х., Будзуляк Б.В., Алимов С.В., Тютнев А.М. Комплексная механизация капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов. М.: Недра, 2010. 167 с.
4. Пашин С.Т., Усманов Р.Р., Чучкалов М.В., Аскарлов Р.М. Разработка и внедрение технологии переизоляции газопроводов больших диаметров с подъемом в траншее // Наука и техника в газовой промышленности. 2011. № 3. С. 18–24.

**REFERENCES**

1. Budzulyak B.V. Methodology Aimed at Increasing the Operating Efficiency of the Gas Pipeline Transport System at the Stage of Development and Reconstruction. Moscow, Nedra, 2003, 172 pp. (In Russian)
2. Khallyev N.Kh., Budzulyak B.V., Alimov S.V., et al. Overhaul Repair of the Linear Part of Main Gas Pipelines. Moscow, Max Press, 2011, 448 pp. (In Russian)
3. Khallyev N.Kh., Budzulyak B.V., Alimov S.V., Tyutnev A.M. Comprehensive Mechanization of the Overhaul Repair of the Linear Part of Main Gas Pipelines. Moscow, Nedra, 2010, 167 pp. (In Russian)
4. Pashin S.T., Usmanov R.R., Chuchkalov M.V., Askarov R.M. Development and Implementation of the Re-Insulation Technology for Large-Diameter Gas Pipelines with their Lifting up in a Trench. Nauka i tekhnika v gazovoi promyshlennosti = Science and Engineering in the Gas Industry, 2011, No. 3, P. 18–24. (In Russian)

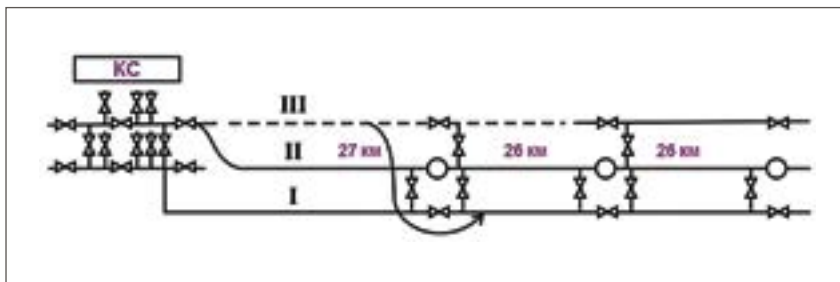


Рис. 11. Схема поэтапного производства ремонта ЛЧ МГ:  
0 – крановые узлы; I – параллельно проложенный участок газопровода от крана до крана; II – действующий газопровод; III – газопровод, подлежащий ремонту

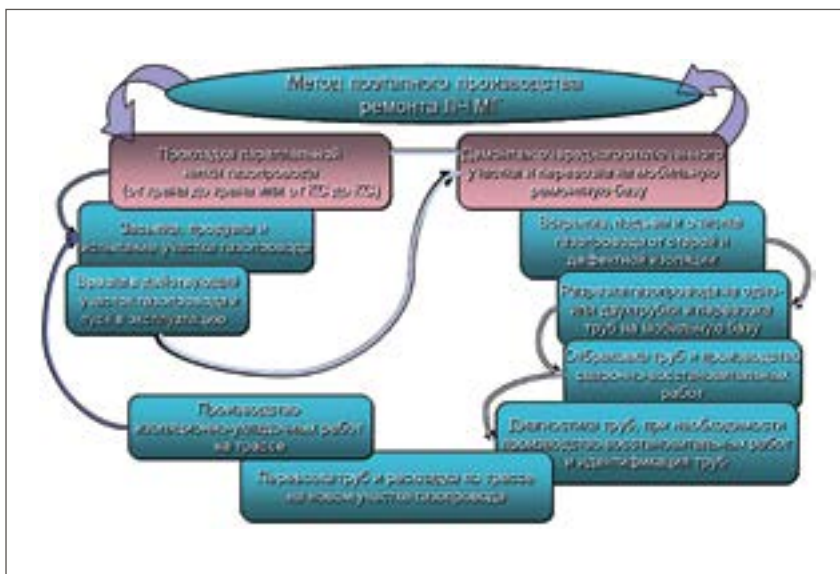


Рис. 12. Технология поэтапного производства капитального ремонта ЛЧ МГ без остановки транспорта газа – основа Программы обновления газотранспортной системы ПАО «Газпром»

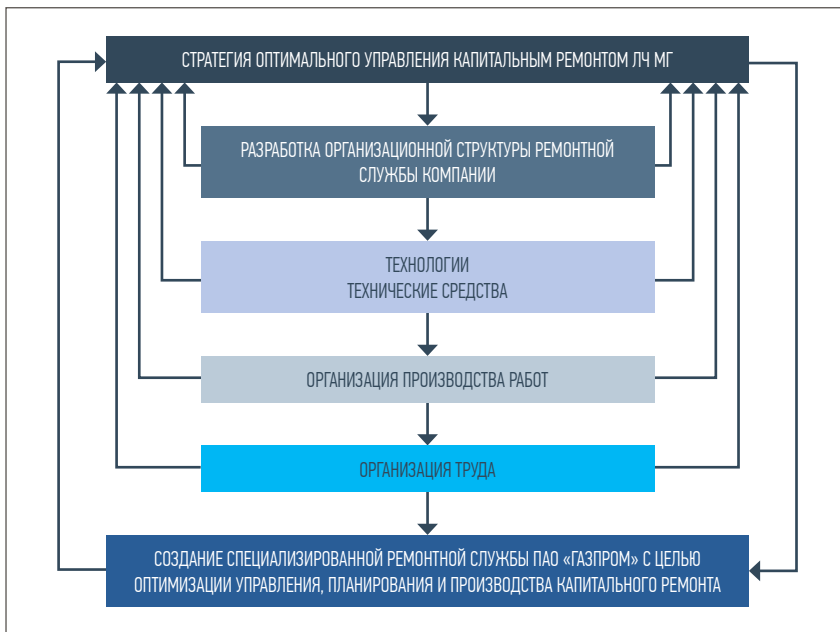


Рис. 13. Стратегия управления повышением эффективности поэтапного капитального ремонта ЛЧ МГ