МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Всесоюзный научно-исследовательский институт
по строительству магистральных трубопроводов

-ВНИИСТ-

РУКОВОДСТВО

ПО ОПТИМАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ГАЗОПРОВОДАХ НА УРОВНЕ РСУ (ПМК)

Р 459-82

ВНИИСТ

Москва 1983

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.643.004.67

В Руководстве изложены общие положения по организации ремонтно-строительных работ на уровне РСУ (ПМК), приведены методы определения необходимого количества потоков и их оптимальное распределение по производственным участкам, а также методы определения мощности ремонтно-строительных подразделений с учетом резервирования технических средств.

Руководство разработано с целью повышения эксплуатационной надежности линейной части магистральных газопроводов путем совершенствования методов и средств организации ремонтно-строительных подразделений.

Руководство разработано Н.Х.Халлыевым, Т.Н.Абасовой, В.А.Савенко, А.С.Ефимовым, В.О.Евсеевым, Н.Э.Макаровой (ВНИИСТ) при участии Ф.С.Афлятонова и С.К.Мавлянова (Мингазпром), Л.Г.Телегина (МИНХ и ГП), В.Н.Дедешко, А.И.Петрунина (ПО Средазтрансгаз), А.Р.Ягудина (Трест Средазремстройтрансгаз).

Замечания и предложения направлять по адресу: 105058, Москва, Окружной проезд, 19, ВНИИСТ, лаборатория технологии и организации специальных работ при строительстве магистральных трубопроводов.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ), 1983

ВНИИСТ	Руководство по оптимальной организации производства ремонтно-строительных работ на газопроводах на уровне РСУ (ПМК)	Р 459-82 Впервые

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящее Руководство предназначено для разработки методической основы с целью определения необходимого количества линейных комплексных ремонтно-строительных потоков (ЛКРСП) при поточном осуществлении работ по принципу непрерывности потока и оптимальному распределению ресурсов по производственным участкам на уровне ремонтно-строительных управлений (РСУ) или производственных механизированных колонн (ПМК).

I.2. ЛКРСП - это совокупность производственных подразделений (звеньев, бригад, колонн), способных выполнить все виды ремонтно-строительных и специальных работ по капитальному ремонту линейной части магистрального трубопровода на отдельном участке (газопроводе).

I.3. Принцип непрерывности потока заключается в планировании работ каждого отдельного ЛКРСП непрерывно на два года и более.

В конце каждого года разрабатывается план на следующий двухлетний период. Двухлетнее задание условно разделяется на два этапа, равные одному году каждый, при этом программа первого года называется рабочей, второго - подготовительной.

I.4. Определение необходимого количества потоков и распределение их по объектам осуществляется на стадии составления проекта производства работ. При этом необходимо руководствоваться следующими требованиями:

основной формой организации ремонтно-строительных работ на линейной части магистрального газопровода должна являться

Внесено лабораторией технологии и организации специальных работ при строительстве магистральных трубопроводов	Утверждено ВНИИСТом 4 ноября 1981 г.	Срок введения I апреля 1983 г.

поточность осуществления всех видов работ при специализации производственных подразделений;

каждый производственный процесс при ремонте отдельных участков магистрального газопровода прежде всего должен быть оптимизирован во времени.

I.5. Реализация основного принципа оптимальной организации ремонтно-строительных работ на линейной части магистрального газопровода осуществляется в такой последовательности:

определяют необходимое количество ЛКРСП; производственные мощности ремонтно-строительных подразделений (на уровне РСУ) с учетом резервирования техники;

оптимально распределяют ремонтно-строительные потоки по производственным участкам.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ЛИНЕЙНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОТОКОВ

2.I. Для определения необходимого количества ЛКРСП при капитальном ремонте линейной части магистральных газопроводов необходимо иметь:

I) утвержденный перспективный план капитального ремонта линейной части магистрального газопровода с конкретным распределением объема работ по годам;

2) планируемые сроки ремонта участков газопровода;

3) профиль трассы ремонтируемого газопровода с четким выделением границ участков газопровода, подлежащих ремонту;

4) технологию производства работ.

2.2. Необходимое количество ЛКРСП рассчитывают в такой последовательности:

определяют значение приведенной продолжительности $T_{пр}$ и суммарное значение сближений ΔT по всем участкам газопровода, подлежащих ремонту в планируемом году, согласно "Инструкции по организации производства ремонтно-строительных работ на магистральных газопроводах" (РД 5I.23-80), суммарное значение продолжительности перебазировки потоков с одного производственного участка на другой $T_{пер}$, необходимое количество линейных комплексных ремонтно-строительных потоков с учетом планируемых сроков ремонта газопровода.

2.3. Оптимальное распределение ЛКРСП по производственным участкам осуществляется при двух условиях: если мощности ремонтно-строительных подразделений не ограничены или ограничены.

2.4. Расчетная продолжительность капитального ремонта $T_{рем}$ линейной части магистрального газопровода может быть определена по формуле

$$T_{рем} = T_{пр} + \sum_{1}^{n-1} \Delta T + \Sigma T_{пер} . \qquad (1)$$

Значение $T_{пер}$ при любых конкретных трассовых условиях для частного потока по осуществлению изоляционно-укладочных работ может быть рассчитано по формуле

$$T_{пер} = \frac{Z - Z_{пер}}{V_{т}} + n\,(t_{нас} + t_{сн}), \qquad (2)$$

где Z, $Z_{пер}$ – протяженность соответственно всего ремонтируемого газопровода и участка перебазировки, км;

$V_{т}$ – транспортная скорость потока, км/смена;

n – количество операций по насадке и снятию изоляционно-укладочного частного потока при перебазировке;

$t_{нас}$, $t_{сн}$ – время, затрачиваемое соответственно на насадку и снятие потока, смена.

2.5. Необходимое количество ЛКРСП N может быть вычислено по формуле

$$N = \frac{T_{пр} + \sum_{1}^{n-1} \Delta T + \Sigma T_{пер}}{T_{пл}}, \qquad (3)$$

где $T_{пл}$ – плановый срок ремонта линейной части магистрального газопровода, смена.

3. Определение производственной мощности ремонтно-строительного подразделения с учетом резервирования

3.1. Под мощностью ремонтно-строительного подразделения понимается протяженность отремонтированного ремонтно-строительным потоком участка трубопровода за единицу времени, измеренная в натуральных показателях (м, км, $м^3$ и т.д.).

3.2. При определении мощности ремонтно-строительных подразделений за расчетную основу принимается комплексный ремонтно-строительный поток.

3.3. В ремонтно-строительных подразделениях, учитывая, что специальные машины и механизмы могут быть применены для выполнения технологической операции при ремонте газопроводов определенного диаметра, комплексные потоки нужно формировать по следующим типам:

1) диаметром 520 мм и менее;
2) " 820 и 720 мм;
3) " 1020 и 1220 мм;
4) " 1420 мм.

3.4. При оптимальной организации ремонтно-строительных работ на магистральных газопроводах возникает необходимость в решении задач двух типов:

1) определение мощности ремонтно-строительного подразделения с целью оснащения комплексного потока необходимой техникой для выполнения ремонта участка газопровода в конкретно заданные сроки;

2) определение мощности ремонтно-строительного подразделения при полном использовании технических и технологических ресурсов, находящихся в его распоряжении.

3.5. Мощность ЛЧСП может быть вычислена следующим образом:

1) сначала определяют количество технологически последовательных операций по формированию частных потоков. Перечень технологических операций принимается согласно "Правилам производства капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов" ($\frac{ВСН\ 2-112-79}{Миннефтегазстрой}$);

2) определяют ведущий вид работ. В связи с тем что при ремонте газопроводов применяется технология изоляции трубопроводов в трассовых условиях, очевидно, ведущим видом являются изоляционно-укладочные работы;

3) затем из ведущего вида работ выбирают основной (ведущий) механизм, определяющий темп частного потока. Обычно ведущей машиной в изоляционно-укладочном потоке является машина для нанесения изоляционного покрытия. При этом рассчитывают производительность ведущей машины. В общем виде эксплуатационная производительность изоляционной машины $П_{эи}$ может быть вычислена по формуле

$$П_{эи} = П_т K_и , \qquad (4)$$

где $П_т$ – техническая производительность изоляционной машины;

$K_и$ – коэффициент использования изоляционной машины во времени.

Далее значение $П_{эи}$ сравнивается с производительностью комплекта вспомогательных машин $П_{эi}$ в изоляционно-укладочном потоке.

Если значение $П_{эi} < П_{эи}$ какой-то i -й машины, то эта машина заменяется более производительной. Эта операция по комплектованию изоляционно-укладочного потока продолжается до тех пор, пока не будет выполнено условие

$$П_{эi} \geq П_{эи} ; \qquad (5)$$

4) согласно темпу ведущего вида работ на единицу длины трубопровода из условия синхронизации частных потоков $t_{из} = t_i$ ($t_{из}$ – продолжительность производства изоляционно-укладочных работ; t_i – продолжительность любого конкретного вида работ) определяется потребная производительность частных потоков и, в свою очередь, количество машин и механизмов по всем видам работ (подготовительные, вскрышные, подъемно-очистные, сварочно-восстановительные) по методике, приведенной в "Инструк-

ции по организации производства ремонтно-строительных работ на магистральных газопроводах" (РД 51.23-80). В соответствии с этими же условиями синхронизации определяется перечень машин по техническому оснащению вспомогательных работ в зависимости от конкретных условий трассы ремонтируемого трубопровода.

3.6. С целью повышения надежности работы ЛКРСП по ремонту участков газопровода в заданные сроки необходимо рассчитать количество резервной техники по выполнению всех видов работ. Методика расчета приведена в разд.5 данного Руководства.

3.7. Мощность ремонтно-строительных подразделений при использовании имеющихся технических и технологических ресурсов может определяться следующим образом:

1) имеющиеся машины и механизмы распределяются по отдельным видам работ согласно технологии производства работ и в зависимости от диаметра труб;

2) определяются отдельно производительности по каждому виду работ;

3) сравнивается время осуществления отдельных видов работ на единицу протяженности участка газопровода

$$t_1 = t_2 = \ldots = t_n ; \qquad (6)$$

4) за основу расчета мощности потока принимается вид работ с минимальным значением t_i.

Все остальные виды работ в потоке осуществляются дискретно при сохранении непрерывности потока.

4. МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

4.I. Цель методики оптимального распределения ресурсов-рационально использовать мощность ремонтно-строительных подразделений для осуществления капитального ремонта линейной части магистрального газопровода в заданные сроки. При этом решается задача по оптимальному закреплению ЛКРСП за производственными участками с учетом выполнения максимального объема ремонтных работ при условии минимизации затрат на производство работ и перебазировку по трассе.

4.2. Оптимальное распределение ресурсов при капитальном ремонте линейной части магистральных газопроводов сводится к решению следующих задач:

I) оптимально распределить по $m = 1,2,3,\ldots, i$ производственным участкам имеющиеся в распоряжении РСУ (ПМК) $n = 1,2,3,\ldots, j$ количество потоков;

2) при поточном осуществлении ремонтно-строительных работ выбрать оптимальное количество данного типа машин или механизмов с учетом темпа работ.

4.3. Для задач первого типа методы оптимального распределения ремонтно-строительных подразделений за производственными участками могут быть осуществлены с использованием линейного программирования. Задача формулируется следующим образом:

минимизировать целевую функцию

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}\, x_{ij} \rightarrow min \qquad (7)$$

при линейных ограничениях

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \geq b_i ;$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = a_j ;$$

$$x_{ij} \geq 0 ; \quad i = 1,2,3,\ldots,m ; \quad j = 1,2,3,\ldots,n ,$$

где C_{ij} – удельная стоимость производства работ и перевозки на i – м участке из пункта отправления j ;

x_{ij} – искомая интенсивность ремонтно-строительного потока на i –м участке, перебазированного из пункта j ;

B_i – объем потребления (протяженности i –го участка, подлежащего ремонту);

a_j – объем производства (т.е. интенсивности j –го ремонтно-строительного потока, расположенного в различных пунктах);

i – номер конкретного участка;

j – номер конкретного ремонтно-строительного потока.

Решение задачи заключается в определении интенсивности x_{ij} производства ремонтно-строительных работ на участках $i = 1, 2, 3, \ldots, m$ с помощью потоков, привлекаемых с пунктов $j = 1, 2, 3, \ldots, n$, при минимальном значении суммарных удельных затрат на производство работ и перебазировку.

Программа для ЭВМ по решению вышеописанной задачи приведена на стр.61.

4.4. Задачи второго типа, когда на n_j –участках необходимо выполнить ремонтно-строительные работы при заданном темпе, могут быть решены различными экономико-математическими методами.

1. Необходимо разработать грунт на $j = 1, 2, 3, \ldots, n$ производственных участках соответственно с объемами работ в смену $Q_1, Q_2, Q_3, \ldots, Q_n$. Разработка траншеи (вскрытие) может быть осуществлена экскаваторами ($i = 1, 2, 3, \ldots, m$) типа соответственно с производительностью в смену $P_1, P_2, P_3, \ldots, P_m$, при этом известно число каждого типа экскаваторов и стоимость разработки ими грунта в зависимости от его категории.

Требуется выбрать оптимальное количество экскаваторов и закрепить их за производственными участками так, чтобы обеспечить заданный темп потока при наименьших значениях приведенных затрат. Задачи в данной постановке могут быть решены методами линейного программирования.

Математическая модель задачи может быть представлена в следующем виде:

минимизировать функцию

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} C_{ij} x_{ij} \rightarrow min \qquad (8)$$

при условиях

$$\sum_{i=1}^{m} P_{ij} x_{ij} = B_j ; \quad i = 1,2,3,\ldots, m ; \quad j = 1,2,3,\ldots, n ;$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq a_i ; \quad x \geq 0,$$

где Π_{ij} – приведенные затраты на работы на j –м участке i –й машины;

x_{ij} – число машин i марок, работающих на j –м участке;

P_{ij} – интенсивность i машины на j –м участке;

B_j – объем работ, который необходимо выполнить на заданных j –х участках за смену;

a_i – ограничение на затраты ресурсов, т.е. заданное число машин i марки, которые могут выполнять работы на j –х участках.

2. Необходимо последовательно произвести вскрышные работы на $j = 1,2,3,\ldots, n$ производственных участках с объемами в смену соответственно $Q_1, Q_2, Q_3, \ldots, Q_n$. Работы могут быть выполнены экскаваторами $(i = 1,2,3,\ldots, m)$ типа с производительностью в смену соответственно $P_1, P_2, P_3, \ldots, P_m$. При этом известно число каждого типа экскаваторов и их стоимостные показатели при вскрытии в зависимости от категории грунтов. Требуется определить оптимальный комплект экскаваторов при последовательной работе одного ЛКРСП на нескольких участках при заданных темпах работ, чтобы сумма приведенных затрат по всем участкам была минимальной. При данной постановке решение задачи может быть описано шаговой схемой.

Каждый шаг применительно к ремонтируемому участку трубопровода должен проводиться так, чтобы к оптимальному комплекту экскаваторов, выбранному для предыдущего участка, привлекалось дополнительно минимальное число экскаваторов для проведения ремонта на последующем участке в заданный срок при минимальных значениях приведенных затрат по всем участкам. Это условие полностью отвечает требованиям принципа оптимальности Беллмана, т.е. в каком бы сочетании экскаваторов мы не проводили вскрышные работы на ремонтируемых участках трубопровода, дальнейшее их движение от начального до конечного учас-

тка должно осуществляться таким образом, чтобы сумма объемов вскрышных работ W для всех участков была минимальной.

Рекуррентное уравнение, являющееся отображением принципа оптимальности, имеет вид

$$f_{m,j}(W_j) = min\{\mathcal{X}_{m,j} C_{m,j} + f_{(m-1),j}(W_j - \mathcal{X}_{m,j} P_{m,j})\} \qquad (9)$$
$$\mathcal{X}^{o}_{m,j-1} \le \mathcal{X}^{o}_{m,j} \le \left[\frac{W_j}{P_{m,j}}\right],$$

где $f_{m,j}(W_j)$ – минимальные затраты на производство вскрышных работ на j -х участках при последовательном их выполнении;

W_j – объемы вскрышных работ на конкретном участке, в смену;

$\mathcal{X}_{m,j}$ – число экскаваторов, участвующих во вскрытии трубопровода, на конкретном участке;

$C_{m,j}$ – затраты на разработку грунта на j -м участке;

$P_{m,j}$ – производительности экскаваторов в смену в зависимости от категории грунта;

$\{\mathcal{X}^{o}_{m,j-1}\}$ – оптимальное решение задачи (j -I)-го участка, если $j \ge 2$,

$$a\{\mathcal{X}_{m,0}\} = 0.$$

5. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛАСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОТОКОВ

5.I. Методика предназначена как для вычисления значений области целесообразного применения индивидуально сформированных линейных комплексных ремонтно-строительных потоков (ЛКРСП), так и для анализа создания типоразмерного ряда ремонтно-строительных потоков.

5.2. Для вычисления значений области целесообразного применения ЛКРСП необходима следующая информация:

<u>по характеристикам ЛКРСП</u>:

I) производительность ЛКРСП по регионам – $П_{см}$;

2) единовременные затраты на I день перебазировки – E;

3) амортизационные отчисления на I день работы – А;

4) балансовая стоимость ЛКРСП – $К_{общ}$;

5) текущие затраты на I день работы – $С_{тзр}$;

6) текущие затраты на I день обслуживания – $С_{тз_{обс}}$;

по фонду рабочего времени:

I) число рабочих дней по регионам – $Д_{раб}$;

2) число рабочих дней нахождения в обслуживании по регионам – $Д_{обс}$;

3) число дней перебазировок с объекта на объект – $Д_{пбз}$.

5.3. Область экономически целесообразного применения ЛКРСП исследуется в зависимости от объемов работ и условий их проведения, продолжительности ремонта, количества перебазировок, трудоемкости работ.

В основе алгоритма определения области экономически целесообразного применения ЛКРСП лежит нахождение пограничных значений сравниваемых вариантов ЛКРСП по преобразованным формулам приведенных удельных затрат:

$$Д_{др} = Д_{раб} - Д_{обс} - Д_{пбз}; \qquad (10)$$

$$С = (К_{общ} \times 0{,}75) / П_{см} \times Д_{др}; \qquad (11)$$

$$В = (Е \times Д_{пбз} + С_{тзр} \times Д_{др} + С_{тз_{обс}} \times Д_{обс} + А \times Д_{раб}) / П_{см} \times Д_{др}; \qquad (12)$$

$$У = С + В, \qquad (13)$$

где $Д_{др}$ – фактическое количество дней работы ЛКРСП;

$У$ – приведенные удельные затраты.

5.4. Ввиду трудоемкости и многовариантности вычислительных работ методика реализована в виде программы на ЭВМ ЕС-1022.

Программа состоит из операторов ввода и вывода массивов исходной информации; аналитической части, где вычисляется область целесообразного применения ЛКРСП; подпрограммы печати графиков приведенных удельных затрат; вывода на печать значений областей целесообразного применения ЛКРСП.

6. МЕТОДИКА РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПОТОКА

6.I. Резервирование определяется как метод повышения надежности объекта путем введения избыточности. Избыточность - дополнительные средства и возможности сверх минимально необходимых для выполнения функций, заданных объектом (ГОСТ I3377-75).

6.2. Разработка методики резервирования выполнена согласно "Руководству по расчету объемов страхового резерва машин и оборудования на строительстве линейной части магистральных трубопроводов" (Р 3I3-78). При этом для комплексного ремонтно-строительного потока рекомендована методика определения страхового резерва технических средств.

6.3. Функцией страхового резерва является обеспечение нормального, бесперебойного функционирования технологической последовательности работ при непредвиденном нарушении работоспособности машин вследствие их случайных отказов и последующего восстановительного ремонта. Отличительной чертой страхового резерва является то, что он заменяет собой те машины, агрегаты и узлы, работоспособность которых нарушилась вследствие случайных отказов, т.е. страховой резерв является ненагруженным.

6.4. В качестве единичных показателей надежности работы машин и их комплектов принимаем:

наработку на отказ T_0, определяемую выражением

$$T_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{N} t_i , \qquad (I4)$$

где m - количество отказов N машин за период наблюдений;

t_i - суммарная наработка i-й машины за период наблюдений;

среднее время восстановления $T_в$, определяемое по формуле

$$T_в = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{N} t_{в,i} , \qquad (I5)$$

где $t_{в,i}$ – суммарное время восстановления i -й машины за период наблюдений.

6.5. На основе единичных показателей надежности рассчитываем комплексные показатели – коэффициенты готовности машин $K_г$ и комплектов машин $K_{г.к}$, представляющие собой вероятность того, что машины (комплекты) окажутся работоспособными в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых их использование по назначению не предусматривается.

6.6. В установившемся режиме работы машины независимо от закона распределения времени между отказами и времени восстановления коэффициент готовности $K_г$ определяют по формуле

$$K_г = \frac{T_0}{T_0 + T_в}, \qquad (16)$$

6.7. Комплект машин как система состоит из совокупности машин, взаимосвязанных по схеме, определяемой технологией и организацией производства работ.

Связь в работе машин и их комплектов оценивают коэффициентом тесноты взаимосвязи $K_{вз}$

$$K_{вз} = \frac{t_{рез}}{t_{пер}}, \qquad (17)$$

где $t_{рез}$ – технологически допустимый резерв времени, при котором остановка машины (комплекта) из-за отказа не приводит к остановке других машин (комплектов), ч;

$t_{пер}$ – продолжительность перерыва в работе машин (комплектов), ч. В данном случае $t_{пер} = T_в$.

Если $K_{вз} = 1$, это означает, что резервное время достаточно для компенсации реальной продолжительности перерывов в работе машин из-за отказов. Если $K_{вз} < 1$, то это указывает на тесную взаимосвязь машин и их комплектов, т.е. резервного времени недостаточно для компенсации простоев из-за отказов и при остановке машины или комплектов снижается вы-

работка всего комплексного потока; $K_{вз} > 1$ показывает, что резервное время превышает продолжительность реально возникающих перерывов, т.е. взаимосвязь отсутствует.

При тесной взаимосвязи машин и их комплектов $|K_{вз} < 1|$ возникает необходимость в страховом резерве, предназначенном для обеспечения непрерывности технологического процесса при отказах машин.

6.8. При последовательной структуре (именно комплексный ремонтно-строительный поток относится к последовательной структуре по влиянию отказа на работоспособность машины) и наличии в технологической цепи n последовательно следующих друг за другом однотипных машин или разнотипных групп однотипных машин, коэффициент готовности которых равен $K_{г,i}$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$, коэффициент готовности всего комплекта машин $K_{г.к}$ при условии непосредственного взаимодействия машин или групп будет

$$K_{г.к} = \frac{T_0}{T_0 + \sum_{i=1}^{n} T_{в,i}}, \qquad (18)$$

где $\sum_{i=1}^{n} T_{в,i}$ – суммарное время восстановления однотипных машин комплекта;

n – количество однотипных машин или разнотипных групп.

Так как

$$T_{в,i} = T_0 \left(\frac{1}{K_{г,i}} - 1 \right), \qquad (19)$$

то

$$\sum_{i=1}^{n} T_{в,i} = T_0 \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{K_{г,i}} - n \right). \qquad (20)$$

После перебазировки потока коэффициент готовности комплекса машин можно представить в виде

$$K_{г.к} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{K_{г,i}} + 1 - n}. \qquad (21)$$

6.9. Страховым резервом машин является эквивалентное количество резервных машин $N_{рез.экв}$. Показателем страхового резервирования служит коэффициент страхового резервирования

K_c , который в процентном отношении показывает дополнительную эквивалентную потребность в машинах данного типа при заданной надежности.

Эквивалентным является расчетное количество резервных машин $N_{рез.экв}$, обеспечивающих заданную надежность работы комплекта машин или механизированного комплекса, которое соответствует стратегии восстановления путем замены отказавших машин резервными.

6.10. Стратегией восстановления называется совокупность методов восстановления работоспособности комплектов машин, сочетающих способы восстановления путем замены или ремонта отказавших машин, а также уровни резервирования машин, агрегатов, узлов и деталей.

При стратегии восстановления работоспособности отказавшей машины только методом ее ремонта

$$N_{рез.экв} = N_{рез.а} , \qquad (22)$$

где $N_{рез.а}$ – расчетное количество агрегатов, узлов и деталей, шт.

При стратегии, заключающейся в том, что при любом учтенном в T_0 и $T_в$ отказе машины она заменяется резервной,

$$N_{рез.экв} = N_{рез.м} , \qquad (23)$$

где $N_{рез.м}$ – расчетное количество резервных машин.

Если восстановление работоспособности машины производится в одних случаях путем замены резервной, а в других – путем ремонта резервными агрегатами, узлами и деталями, то

$$N_{рез.экв} = N_{рез.м} + N_{рез.а} . \qquad (24)$$

6.11. Вероятность $P_{N_{рез}+1}(t)$ того, что за рассматриваемый период эксплуатации необходимо заменить k машин комплекта ($k = 0,1,2,\ldots, N_{рез}$), описывается и рассчитывается по формуле распределения Пуассона в следующем виде:

$$P_{N_{рез}+1}(t) = 1 - \sum_{k=0}^{N_{рез}} \frac{\left(\frac{T_в}{T_0}\right)^k}{k!} e^{-\frac{T_в}{T_0}}, \qquad (25)$$

где $T_в$ – суммарное время восстановления однотипных машин комплекта за период t ;

T_0 – суммарное время безотказной работы однотипных машин комплекта за период t .

По формуле (25) определяются количество резервных машин для отдельно взятого механизированного комплекса и достигаемая при этом надежность работы комплектов машин.

6.12. Машины в механизированных комплексах работают группами, и число групп в масштабах отрасли значительно, поэтому вследствие действия закона больших чисел поток требований на замену отказавших машин может быть аппроксимирован нормальным законом.

Математическое ожидание количества машин, необходимых для замены отказавших машин, будет

$$M\{N_{рез}(t)\} = N_{раб} \cdot P, \qquad (26)$$

где $N_{раб}$ – количество машин i -го типа в комплекте;

P – вероятность отказа машины i -го типа.

6.13. Максимальное количество резервных машин $N_{рез}$ отличается от всего математического ожидания на C средне-квадратических отклонений. Величина C соответствует заданной надежности работы комплекта машин $H_к$:

$C \approx 2{,}0$ при $H_к \geq 0{,}95$; $C \approx 1{,}5$ при $H_к \geq 0{,}90$.

6.14. Страховым резервом машин является эквивалентное количество резервных машин $N_{рез.экв}$, определяемое по формуле

$$N_{рез\ экв} = N_{раб} P + C \sqrt{N_{раб} P (1-P)} . \qquad (27)$$

6.15. Показателем страхового резерва является коэффициент страхового эквивалентного резервирования $K_{с.э}$, который показывает в процентном отношении дополнительную эквивалент-

ную потребность в машинах данного типа при заданной надежности

$$K_{с.э} = \frac{N_{раз.экв}}{N_{раб}} 100\%. \qquad (28)$$

Тогда

$$K_{с.э} = \frac{N_{раб}\, p + C\sqrt{N_{раб}\, p(1-p)}}{N_{раб}}, \qquad (29)$$

где $N_{раб}$ – количество машин i -го типа в комплекте;

p – вероятность отказа машины i -го типа.

6.I6. Коэффициент страхового резерва машин i -го типа определяют по формуле

$$K_{с} = K_{с.э} \cdot y_{р.м}, \qquad (30)$$

где $y_{р.м}$ – удельный вес резервирования полнокомплектными машинами.

6.I7. $K_{с.э}$ зависит от количественного состава групп машин, используемых в технологических процессах, и соотношения этих групп в механизированных комплексах.

Количественный состав групп машин и их соотношение определяются видом механизированного комплекса.

Средневзвешенный коэффициент страхового эквивалентного резервирования машин определяют по формуле

$$\bar{K}_{с.э} = \frac{\sum_{j=1}^{m} K_{с.э\,i} \cdot M_i}{n}, \qquad (3I)$$

где $K_{с.э.i}$ – коэффициент страхового эквивалентного резервирования для групп однотипных машин в механизированных комплексах i -го вида;

$j=1,2,\ldots,m$ – количество видов механизированных комплексов;

n – количество механизированных комплексов различного вида;

M_i – количество механизированных комплексов i -го вида.

ПРОГРАММА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОТОКОВ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ УЧАСТКАМ

Решение задачи по оптимальному распределению ремонтно-строительных потоков по производственным участкам реализовано на ЭВМ ЕС-1022 с применением системы программ *ХРБ* (США).

Пример. В наличии имеются три ремонтно-строительных потока ($m = 3$), соответственно с годовой производительностью $a_1 = 27$ км; $a_2 = 35$ км; $a_3 = 24$ км. При этом необходимо отремонтировать газопровод на четырех участках ($n = 4$), соответственно с протяженностью $b_1 = 18$ км; $b_2 = 15$ км; $b_3 = 16$ км; $b_4 = 41$ км. Кроме того, известны суммарные удельные стоимости перебазировок и производства работ каждого потока на различных участках.

Решение показало, что оптимальное распределение трех ремонтно-строительных потоков по четырем производственным участкам происходит следующим образом:

на I участке второй поток выполняет ремонт 18 км газопровода;

" II " первый " " " 12 км " ;
второй " " " 1 км " ;

" III " второй " " " 16 км " ;

" IV " первый " " " 17 км " ;
третий " " " 24 км " .

При таком распределении ремонтно-строительных потоков стоимость работ будет минимальной и равной 22034 руб.

ПРОГРАММА И РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

```
// JOB MLPS
// OPTION USRLABEL
// ASSGN SYS004,X'130'
// ASSGN SYS005,X'130'
// VOL SYS004,IJSYS04
// CLAB 'LPS360 PROB FILES                                    ILPS360',
                 0001,68180,99365,'DOS                ',SD
// XTENT 1,000,000150000,000169009,'SYSRES',SYS004
// VOL SYS005,IJSYS05
// CLAB 'LPS360 PROC FILES                                    ILPS360',
                 0001,68180,99365,'DOS                ',SD
// XTENT 1,000,000170000,000189009,'SYSRES',SYS005
// EXEC DFUZINIT

ENDDATA
// EXEC DFUZNCSS

TITLE
INPUT
NAME          POTENC
 FR GR        COST          0.0
    X11       COST        220.000000
    X12       COST        230.000000
    X13       COST        245.000000
    X21       COST        254.000000
    X22       COST        262.000000
    X23       COST        275.000000
    X31       COST        285.000000
    X32       COST        290.000000
    X33       COST        310.000000
    X41       COST        232.000000
    X42       COST        245.000000
    X43       COST        250.000000
*  RESURS EQUATION
    X11       INT1          1.000000
    X21       INT1          1.000000
    X31       INT1          1.000000
    X41       INT1          1.000000
    X12       INT2          1.000000
    X22       INT2          1.000000
    X32       INT2          1.000000
    X42       INT2          1.000000
    X13       INT3          1.000000
    X23       INT3          1.000000
    X33       INT3          1.000000
    X43       INT3          1.000000
    X11       OBR1          1.000000
    X12       OBR1          1.000000
    X13       OBR1          1.000000
    X21       OBR2          1.000000
    X22       OBR2          1.000000
    X23       OBR2          1.000000
    X31       OBR3          1.000000
    X32       OBR3          1.000000
    X33       OBR3          1.000000
    X41       OBR4          1.000000
    X42       OBR4          1.000000
    X43       OBR4          1.000000
```

```
*          BOUNDS  RESURS
 FR GR          COST            0.0
 UB GR          INT1           29.000000
 UB GR          INT2           35.000000
 UB GR          INT3           24.000000
 LB GR          OBR1           18.000000
 LB GR          OBR2           15.000000
 LB GR          OBR3           16.000000
 LB GR          OBR4           41.000000
 UB GR          X11           100.000000
 UB GR          X12           100.000000
 UB GR          X13           100.000000
 UB GR          X21           100.000000
 UB GR          X22           100.000000
 UB GR          X23           100.000000
 UB GR          X31           100.000000
 UB GR          X32           100.000000
 UB GR          X33           100.000000
 UB GR          X41           100.000000
 UB GR          X42           100.000000
 UB GR          X43           100.000000
ENDATA
DUPLICATE ELEMENTS
BOUNDS
 MI GR          COST
 PL GR          COST
PROBLEM 'POTENC  ' CONTAINS
     8 ROWS
     0 SELECTED ROWS
    20 VARIABEES
     0 SELECTED COLUMNS
     1 BOUNDS
     0 RPS'S
     0 RANGES
    36 COLUMN ELEMENTS
     5 LOWER BOUND ELEMENTS
     6 UPPER BOUND ELEMENTS
     0 RPS ELEMENTS
     0 RANGE ELEMENTS
MOVE
     DATA       POTENC
     MINIMIZE   COST
     BOUNDS     GR
ENDATA
LPSOLUTION
ITERATION    VALUE OF   NUMBER     SUM OF
 NUMBER      COST       INFEAS     INFEAS


     0            0.0        4        91.400
     9        22034.000      1         2.068
SOLUTION INFEASIBLE
ERROR BELOW TOLERANCE     0.000000
```

ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕМОНТНО-СТРОИТ ПОТОКОУ ПО УЧАСТКАМ

VARIABLE	TYPE	ENTRIES	SOLUTION ACTIVITY	UPPER BOUND	LOWER BOUND	CURRENT COST	REDUCED COST
COST	B	0	22034.000	**********	**********	-1.000	0.0
X11	LL	3	0.0	100.000	0.0	220.000	0.0
X12	B	3	18.000	100.000	0.0	230.000	0.0
X13	LL	3	0.0	100.000	0.0	245.000	0.0
X21	B	3	12.000	100.000	0.0	254.000	0.0
X22	B	3	1.000	100.000	0.0	262.000	0.0
X23	LL	3	0.0	100.000	0.0	275.000	0.0
X31	LL	3	0.0	100.000	0.0	285.000	0.0
X32	B	3	16.000	100.000	0.0	290.000	0.0
X33	LL	3	0.0	100.000	0.0	310.000	0.0
X41	B	3	17.000	100.000	0.0	232.000	0.0
X42	LL	3	0.0	100.000	0.0	245.000	0.0
X43	B	3	24.000	100.000	0.0	250.000	0.0
INT1	UL	0	29.000	29.000	0.0	0.0	-259.836
INT2	UL	0	35.000	35.000	0.0	0.0	-259.836
INT3	UL	0	24.000	24.000	0.0	0.0	-259.836
OBR1	LL	0	18.000	**********	18.000	0.0	-259.836
OBR2	B	0	13.000	**********	15.000	0.0	-1.000
INFEASIELE - LOWER BOUND							
OBR3	LL	0	16.000	**********	16.000	0.0	-259.836
OBR4	LL	0	41.000	**********	41.000	0.0	-259.836

ЛИТЕРАТУРА

I. Инструкция по организации производства ремонтно-строительных работ на магистральных газопроводах (РД 51.23-80). М., ВНИИСТ, 1981.

2. Правила производства капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов (ВСН 2-112-79 Миннефтегазстрой). М., ВНИИСТ, 1979.

3. Березин В.Л. и др. Капитальный ремонт магистральных трубопроводов. М., Недра, 1978.

4. ГОСТ 13377-75. "Надежность в технике. Термины и определения." М., Изд-во стандартов, 1975.

5. Руководство по расчету объемов страхового резерва машин и оборудования на строительстве линейной части магистральных трубопроводов (Р 313-78). М., ВНИИСТ, 1978.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения 3
2. Определение необходимого количества линейных комплексных ремонтно-строительных потоков 4
3. Определение производственной мощности ремонтно-строительного подразделения с учетом резервирования 6
4. Методика оптимального распределения ресурсов при капитальном ремонте магистральных газопроводов 9
5. Методика определения области экономически целесообразного применения линейных комплексных ремонтно-строительных потоков I2
6. Методика резервирования технических средств ремонтно-строительного потока I4
Приложение 2I
Литература 25

РУКОВОДСТВО
по оптимальной организации производства ремонтно-строительных работ на газопроводах на уровне РСУ (ПМК)

Р 459-82

Издание ВНИИСТа

Редактор Л.С.Панкратьева
Корректор С.П.Михайлова
Технический редактор Т.В.Березева

Л-89624	Подписано в печать 10/I 1983 г.	Формат 60х84/16
Печ.л. 1,75	Уч.-изд.л. 1,3	Бум.л. 0,875
Тираж 600 экз.	Цена 13 коп.	Заказ 5

Ротапринт ВНИИСТа

gost.e-ecolog.ru