

МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ВНИИСПТнефть

МЕТОДИКА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ
МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА
РД 39-1-62-78

1978

Министерство нефтяной промышленности
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО СБОРУ,
ПОДГОТОВКЕ И ТРАНСПОРТУ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ
(ВНИИСПГнефть)

УТВЕРЖДЕНА

Первым заместителем Министра
нефтяной промышленности

В.И.КРЕМНЕВЫМ

18 апреля 1978 г.

М Е Т О Д И К А
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ
МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

РД 39-1-62-78

Настоящая "Методика" разработана авторским коллективом
в составе:

В.Т.Агешева, А.Н.Левенцова (рук.темы), Н.М.Никаноровой,

К.Е.Ращепкина (рук.темы), Н.Ж.Халезовой.

Рабочая программа по расчету показателей надежности
магистрального нефтепровода для ЭВМ ЕС-1020 на языке "Фортран"
разработана авторским коллективом ВЦ ВНИСПТ нефти в составе:
Л.Г.Арслановой, Р.Х.Ахтямовой.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

РД 39-І-62-78

Приказом Министерства нефтяной промышленности от 17.05.78 № 249

Срок введения с 1.07.78.

Срок действия по 30.06.83.

Вводится впервые

Настоящая методика предназначена для определения показателей надежности системы магистрального нефтепровода на стадиях проектирования и эксплуатации. Методика распространяется на магистральные нефтепроводы (нефтепродуктопроводы), т.е. на системы, которые могут частично или полностью снижать эффективность функционирования вследствие отказов элементов, составляющих систему.

І. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

І.І. Магистральный нефтепровод (МН) рассматривается как сложная многофункциональная техническая система, процесс функционирования которой представляет одновременное и последовательное решение стоящих перед системой задач (прием нефти, перекачка нефти, сдача нефти, управление техническим состоянием и т.д.).

І.2. Показателями надежности системы МН служат относительные показатели качества и эффективности функционирования отдельно по каждой задаче, решаемой системой МН.

І.2.І. На этапе проектирования значение показателя надежности рекомендуется получить не менее 0,9600, что соответствует нормам технологического проектирования.

I.3. Показатели надежности определяются в соответствии со схемно-конструктивным и технологическим решением системы, с учетом случайных факторов, влияющих на качество и эффективность функционирования.

I.4. Методика устанавливает единый способ определения показателей надежности МН на стадиях проектирования и эксплуатации.

I.5. Методика позволяет учесть надежность элементов, составляющих систему МН.

I.6. В приложении 2 дается расчет показателей надежности для некоторого условного МН, при решении им задачи транспортирования нефти. Сделанные допущения достаточно обоснованы, и получаемая погрешность не превышает погрешности обычных инженерных расчетов. Полученные зависимости могут быть рекомендованы при расчете показателей надежности неразветвленных МН.

I.7. В приложении 3 дается программа расчета показателей надежности магистрального нефтепровода для ЭВМ "Наири" на языке "ал".

В приложении 5 дается рабочая программа по расчету показателей надежности магистрального нефтепровода для ЭВМ ЕС-1020 на языке "Фортран", разработанная ВЦ ВНИИСПТ нефть.

I.8. Задача определения показателей надежности рассмотрена для случая внезапных отказов. При постепенных отказах рассматриваемый метод сохраняет основные положения.

I.9. Термины и определения, принятые в методике, соответствуют ГОСТам I3377-75, I8322-73 и другим НТД в области надежности.

Отраслевые термины и определения, применяемые в методике, со-

ответствуют ОСТу "Магистральный нефтепровод. Составные части. Термины и определения".

2. ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕ- ПРОВОДА, РАССМАТРИВАЕМОГО В ЦЕЛОМ

2.1. Определяются основные задачи, решаемые системой МН.
Задачи нумеруются.

2.2. Для каждой задачи определяется количественная мера результатов функционирования - характеристика качества функционирования Φ_t^j . Здесь j - номер задачи.

2.3. Система МН представляется как совокупность взаимосвязанных, совместно функционирующих элементов.

2.3.1. Степень дробления системы МН на элементы зависит от цели исследования, методов исследования и т.п.

2.4. Определяются основные физические состояния $i = 1, 2, \dots, N$ системы МН, с учетом возникновения возможных отказов элементов.

2.4.1. В простейшем случае состояния могут быть определены методом непосредственного перебора физических состояний системы МН.

2.5. Определяются значения характеристик качества функционирования $[\Phi_t^j]_i$, соответствующие основным физическим состояниям.

2.5.1. Значения характеристик качества функционирования могут быть рассчитаны аналитически для проектируемого нефтепровода или путем непосредственных замеров на исследуемом магистраль-

ном нефтепроводе.

2.6. Определяются вероятности $P_i^j(t)$ пребывания системы МН в основных физических состояниях в момент времени t .

2.6.1. Задача определения вероятностей состояний системы может быть определена аналитически или методом статистического моделирования.

2.7. Определяется показатель качества функционирования системы МН как математическое ожидание характеристики качества функционирования Φ_t^j в момент времени t .

$$\Phi^j(t) = M\Phi_t^j = \sum_{i=1}^N P_i^j(t) [\Phi_t^j]_i \quad (I)$$

здесь n - общее число состояний.

2.8. Определяется показатель качества функционирования для идеального МН

2.8.1. Показатель качества функционирования для идеальной системы МН определяется при условии, что рассматриваемые элементы МН являются абсолютно безотказными. Для случая, когда потребность к выполнению j -ой задачи на данном уровне функционирования постоянна для всех интервалов исследования, показатель качества функционирования идеальной системы

$$\Phi_0^j(t) = \Phi_0^j = const \quad (2)$$

2.9. Определяется мгновенный показатель надежности как относительный показатель качества функционирования реальной и идеальной систем

$$R^j(t) = \frac{\Phi^j(t)}{\Phi_0^j(t)} \quad (3)$$

С учетом (2)

$$R^j(t) = \frac{\phi^j(t)}{\phi_0^j} \quad (4)$$

2.10. Определяется показатель эффективности функционирования $\varphi^j[a, \beta]$ системы МН как усредненное значение показателя качества функционирования в исследуемом интервале времени $[a, \beta]$ по формуле

$$\varphi^j[a, \beta] = \int_a^\beta \phi^j(t) dW^j t \quad (5)$$

Здесь W^j – весовая функция, учитывающая полезность системы в зависимости от времени использования и характера выполняемой задачи.

2.10.1. Подинтегральная функция $\phi^j(t)$ может быть получена аппроксимацией значений (1), полученных для ряда моментов t в исследуемом интервале времени $a \leq t \leq \beta$.

2.11. Определяется показатель эффективности функционирования для идеальной системы МН в интервале времени $[a, \beta]$

$$\varphi_0^j[a, \beta] = \int_a^\beta \phi_0^j(t) dW^j t \quad (6)$$

В случае

$$\phi_0^j(t) = \phi_0^j, \quad a \leq t \leq \beta$$

$$\varphi_0^j[a, \beta] = \phi_0^j \int_a^\beta dW^j t = \phi_0^j(\beta - a) \quad (7)$$

$$\text{при } W^j = 1$$

2.12. Определяется интервальный показатель надежности системы МН в исследуемом интервале

$$r^j[a, \beta] = \frac{\varphi^j[a, \beta]}{\varphi_0^j[a, \beta]} \quad (8)$$

2.13. Мгновенным показателем надежности системы МН является вектор $\bar{R}(t)$, компонентами которого являются мгновенные показатели надежности по каждой задаче

$$\bar{R}(t) = \begin{vmatrix} R^1(t) \\ \vdots \\ R^j(t) \\ \vdots \\ R^M(t) \end{vmatrix} \quad (9)$$

Здесь M - количество задач, решаемых системой МН.

2.14. Интервальным показателем надежности системы МН является вектор $\bar{r}[a, b]$, компонентами которого являются интервальные показатели надежности по каждой задаче

$$\bar{r}[a, b] = \begin{vmatrix} r^1[a, b] \\ \vdots \\ r^j[a, b] \\ \vdots \\ r^M[a, b] \end{vmatrix} \quad (10)$$

Вектор $\bar{r}[a, b]$ оценивает степень снижения эффективности функционирования системы МН в результате отказов ее элементов при решении M задач в определенных условиях эксплуатации.

Компоненты вектора $\bar{r}[a, b]$ характеризуют свойства системы при решении задач.

2.15. Числовые показатели надежности системы МН определяются по формулам

$$R(t) = \frac{\sum_{j=1}^M C_j R^j(t)}{\sum_{j=1}^M C_j} \quad (11)$$

$$r[a, \beta] = \frac{\sum_{j=1}^m C_j r^j[a, \beta]}{\sum_{j=1}^m C_j} \quad (12)$$

где C_j — весовые коэффициенты по задачам, решаемым системой МН. Числовые показатели надежности наиболее приемлемы при сравнении различных вариантов проектируемых МН, а также систем, предназначенных для выполнения аналогичных функций.

2.15.1. Весовые коэффициенты C_j имеют численные значения в зависимости от целевого назначения системы и степени важности задач, решаемых данной системой МН. Оценка весовых коэффициентов производится экспертно.

ПОЯСНЕНИЕ К ОСНОВНЫМ ТЕРМИНАМ
И ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

П.1.1. Характеристика качества функционирования ϕ_t есть количественная мера результатов функционирования системы МН в момент времени t для определенной реализации процесса функционирования.

Характеристика учитывает структуру системы, значения ее параметров, характер воздействия внешних и внутренних случайных факторов, имеет прямую или опосредованную связь с целевым назначением системы МН.

П.1.2. Характеристика эффективности функционирования $\varphi_{a,b}$ есть количественная мера, оценивающая качество и полноту результатов процесса функционирования в интервале времени $a \leq t \leq b$. Она характеризует выходной эффект системы МН для определенной реализации процесса функционирования.

П.1.3. Показатель качества функционирования $\phi(t)$ есть математическое ожидание характеристики качества функционирования системы МН в момент времени t . Показатель представляет среднее значение ϕ_t по множеству наблюдений процесса функционирования в момент времени t .

П.1.4. Показатель эффективности функционирования $\varphi[a,b]$ есть математическое ожидание характеристики эффективности функционирования системы МН в интервале времени $a \leq t \leq b$.

Показатель представляет среднее значение $\varphi_{a,b}$ по множеству реализаций процесса функционирования системы МН в исследуемом интервале.

В некоторых частных случаях этот показатель может быть оп-

ределен усреднением показателя качества функционирования в исследуемом интервале $[a, b]$

П. I. 5. Мгновенный показатель надежности $R(t)$ есть отношение показателя качества функционирования $\Phi(t)$ реальной системы МН к показателю качества функционирования $\Phi_0(t)$ идеальной системы МН.

П. I. 6. Интервальный показатель надежности $r[a, b]$ есть отношение показателя эффективности функционирования $\varphi[a, b]$ реальной системы МН к показателю эффективности функционирования $\varphi_0[a, b]$ идеальной системы МН.

$P_i(t)$ - вероятность системы МН находиться в состоянии i в момент времени t ;

$\omega_{\text{НПС}}(t), \omega_{\text{ЛЧ}}(t)$ - параметры потоков отказов НПС и линейных частей МН, при $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ параметр потока отказов равен интенсивности отказов $\omega(t) = \lambda(t) = \lambda$;

$\tau_{\text{внпс}}, \tau_{\text{влч}}$ - среднее время восстановления НПС и линейной части;

$\tilde{\lambda}_n$ - эквивалентный параметр потока отказов n -ого участка МН;

$\tilde{\tau}_{\text{вн}}$ - эквивалентное среднее время восстановления n -ого участка МН;

V_n - объем n -ого резервуарного парка / м³ /;

V_n - время выработки n -ого резервуарного парка / час /;

q_n - производительность n -го участка;

K - количество участков МН;

m_n - количество НПС на n -ом участке;

l_n - протяженность n -ого участка;

$\Psi_{n-1, n}$ - вероятностная доля из-за отказов, накладываемая предыдущими $n-1$ участками на n -ый участок из-за отказов элементов.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ
МН ДЛЯ ЗАДАЧИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ НЕФТИ

Рассмотрим систему некоторого условного МН, состоящего из 3-х участков, показанную на рис.1. Основные характеристики рассматриваемого МН представлены на рисунке. Производительность

$Q' = 5255 \text{ м}^3/\text{час}$ соответствует случаю, когда в состоянии отказа находится одна из станций.

П.2.1. Основной задачей рассматриваемого МН является транспортирование нефти в заданном количестве. Процесс транспортирования осуществляется в условиях воздействия внешних и внутренних случайных возмущений (аварийных – вследствие конструктивных дефектов; технологических – вследствие нарушений принятой технологии; эксплуатационных – вследствие нарушений установленных правил эксплуатации или ограничений по допустимым воздействиям на систему). Возмущения вызывают отказы элементов системы МН. Отказы приводят к спаду функционирования, т.е. ухудшаются характеристики функционирования исследуемого процесса.

П.2.2. Для задачи транспортирования нефти основной процесс заключается в совершении транспортной работы, т.е. в перемещении определенного количества нефти $Q [\tau]$ на определенное расстояние L / км /. Для задачи транспортирования характеристикой качества функционирования МН является величина транспортной работы по перемещению нефти в единицу времени

$$\phi_t = \sum_{n=1}^K q_n(t) l_n \quad (13)$$

$$\sum_{n=1}^K l_n = L$$

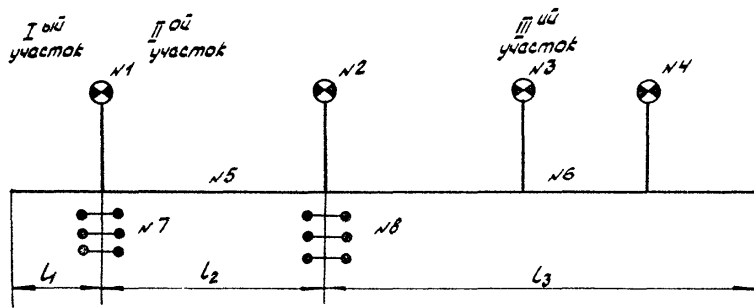


Рис. 1 Схема системы МН

$D_y = 1020 \text{ мм}$
 $\delta = 14 \text{ мм}$
 $L_1 = 10 \text{ км}$
 $L_2 = 151 \text{ км}$
 $L_3 = 284 \text{ км}$

$B_1 = 150\,000 \text{ м}^3$
 $B_2 = 100\,000 \text{ м}^3$
 $q_0 = 7431 \text{ м}^3/400$
 $q_1 = 5255 \text{ м}^3/400$

L , здесь - протяженность МН.

Наличие резервуарных парков (РП) на промежуточных нефтеперекачивающих станциях (НПС) позволяет в известных пределах варьировать значением производительности на участках.

П.2.3. В качестве элементов для рассматриваемого МН выделим НПС, линейные участки, РП, т.е. выбор элементов произведен по функциональному признаку (под линейным участком МН подразумевается собственно трубопровод между РП). Выбранные элементы для удобства обозначим номерами.

Состояние элементов в любой момент времени t может быть описано функцией вида:

$$x(t) = \begin{cases} 1, & \text{если элемент в момент } t \text{ находится в работоспособном состоянии;} \\ 0, & \text{если элемент в момент } t \text{ находится в неработоспособном состоянии.} \end{cases} \quad (I4)$$

Для НПС наибольший интерес по степени влияния на уровень функционирования МН имеет полный отказ $\{x(t)=0\}$, вызванный отказом энергоснабжения или вспомогательного оборудования.

Отказ линейной части $\{x(t)=0\}$, например, из-за нарушения герметичности, приводит к остановке участка МН.

Для РП за состояние отказа может быть принята невозможность по техническим причинам принимать или отпускать нефть.

П.2.4. Совокупность возможных состояний системы МН определяем, исходя из выбранной модели поведения элементов, описываемой функцией (I4).

С целью выявления надежности собственно системы МН допустим, что промысел безотказен.

Получение показателей надежности МН произведем по схеме, изложенной в работах / IO, II /. Вначале определим характеристики надежности только одного участка. Рассмотрим третий, наиболее сложный по составу оборудования. (Под участком МН подразумевается часть МН между РП).

Третий участок может перейти в состояние полного отказа, если в состоянии отказа находится линейный участок (№ 6). Нагрузка с остальных элементов третьего участка в этом случае снимается, т.е. принимается, что ненагруженные элементы не отказывают.

Третий участок переходит в состояние частичного отказа (уровень функционирования снижается) в случае отказа НПС (№ № 2,3,4).

Согласно / 8 / для НПС имеем следующие показатели надежности

Таблица I

Показатели надежности НПС

Объекты НПС	Параметры потока отказов			Время восстановления		
	λ	λ_{cp}	$\bar{\lambda}$	τ_b	$\tau_{вср}$	$\bar{\tau}_b$
Система энергоснабжения	0,00125	0,0015	0,002	I	3	5
Общестанционные установки, система собственных нужд, автономная защита и т.п.	0,0002	0,00035	0,0005	0,5	I,0	I,5

В расчетах примем для НПС $\lambda_{нпс} = 0,0015^I/\text{час}$, $\mu_{нпс} = 0,2^I/\text{час}$.

На основании предварительных исследований, считаем, что вероятность отказа одновременно 2-х НПС равна нулю. Следова-

но, на третьем участке в состоянии отказа может находиться не более одного элемента. Запишем возможные состояния в вектор строку:

$$\begin{aligned} \bar{X}_0 &= \text{IIII} - \text{все элементы исправны;} \\ \bar{X}_1 &= \text{OIII} - \text{отказала НПС \# 2;} \\ \bar{X}_2 &= \text{IOII} - \text{отказала НПС \# 3;} \\ \bar{X}_3 &= \text{IIOI} - \text{отказала НПС \# 4;} \\ \bar{X}_4 &= \text{IIIO} - \text{отказал линейный участок \# 6.} \end{aligned} \quad (15)$$

Количество возможных состояний равно 5.

П.2.5. Определяем количественную меру результатов функционирования ϕ_t^{III} , соответствующую возможным состояниям третьего участка и запишем их в таблицу 2.

Таблица 2

Характеристики качества функционирования

X_i	Характеристика качества функционирования ϕ_t	Количественное значение	
		ϕ_t^{III}	$\frac{\text{ТКМ}}{\text{час}}$
\bar{X}_0	$q_0 L_3$	7431	. 284
\bar{X}_1	$q_1 L_3$	5255	. 284
\bar{X}_2	$q_1 L_3$	5255	. 284
\bar{X}_3	$q_1 L_3$	5255	. 284
\bar{X}_4	0	0	

П.2.6. Определяем вероятности пребывания участка системы в возможных состояниях. Для элементов МН интенсивности потоков событий, переводящих элементы из одного состояния в другое состояние, характеризуются показательным законом распределения.

Возможным состоянием n -ого участка с n станциями соответствует граф состояний (рис.2).

Переходы между состояниями изображены при помощи стрелок. Против каждой стрелки отмечены интенсивности потока событий, переводящие систему из одного состояния в другое.

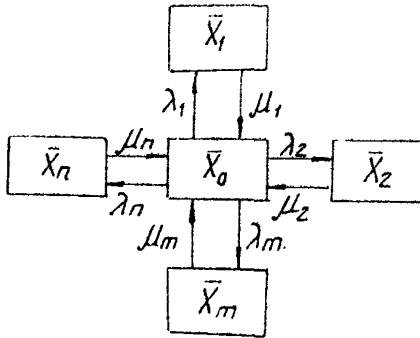


Рис. 2. Схема состояний участка МН.

На рис.2 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_m = \lambda_n = \lambda_{\text{НПС}}$; $\mu_1 = \mu_2 = \mu_m = \mu_n = \mu_{\text{ЛЧ}}$

$\lambda_n = \lambda_{\text{ЛЧ}}$; $\mu_n = \mu_{\text{ЛЧ}}$

— интенсивности потоков

отказов и восстановлений линейной части и НПС. Физический смысл данного графа состояний следующий: если произошел отказ НПС или линейного участка, то аварийно-ремонтная бригада восстанавливает отказавший элемент.

Для данного графа состояний система дифференциальных уравнений записывается следующим образом:

$$\begin{cases} P_0'(t) = -\lambda_1 P_1(t) - \lambda_2 P_2(t) - \dots - \lambda_n P_n(t) + \mu_1 P_1(t) + \dots + \mu_n P_n(t) \\ P_1'(t) = \lambda_1 P_0(t) - \mu_1 P_1(t) \\ P_2'(t) = \lambda_2 P_0(t) - \mu_2 P_2(t) \\ P_m'(t) = \lambda_m P_0(t) - \mu_m P_m(t) \\ P_n'(t) = \lambda_n P_0(t) - \mu_n P_n(t) \end{cases} \quad (16)$$

Нормировочное условие

$$P_0(t) + P_1(t) + \dots + P_m(t) + P_n(t) = 1 \quad (17)$$

Принимаем, что вероятность пребывания участка системы в состоянии с отказавшей станцией не зависит от номера станции, т.е.

$P_1(t) = P_2(t) = \dots = P_m(t)$. Система дифференциальных уравнений (16) упрощается

$$\begin{aligned} P_m'(t) &= \lambda_m P_0(t) - \mu_m P_m(t) \\ P_n'(t) &= \lambda_n P_0(t) - \mu_n P_n(t) \\ P_0'(t) + m P_m(t) + P_n(t) &= 1 \end{aligned} \quad (18)$$

Рассмотрим стационарный режим эксплуатации. Необходимое условие стационарности $\mu \gg \lambda$ (соблюдается для элементов МН). Достаточное условие стационарности $t \rightarrow \infty$. Система дифференциальных уравнений (18) при $t \rightarrow \infty$ превращается в систему алгебраических уравнений.

$$\begin{aligned} \lambda_m P_0 - \mu_m P_m &= 0 \\ \lambda_n P_0 - \mu_n P_n &= 0 \\ P_0 + m P_m + P_n &= 1 \end{aligned} \quad (19)$$

Решаем данную систему

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{m\lambda_m}{\mu_m} + \frac{\lambda_n}{\mu_n}} \quad (20)$$

$$P_m = \frac{P_0 \lambda_m}{\mu_m} \quad (21)$$

$$P_n = \frac{P_0 \lambda_n}{\mu_n} \quad (22)$$

здесь P_0 - вероятность пребывания системы в состоянии, когда

все элементы находятся в исправном состоянии;

P_m - вероятность пребывания системы в состоянии, когда отказала одна из станций;

P_n - вероятность пребывания системы в состоянии, когда отказал линейный участок.

Для третьего участка уравнения (20,21,22) имеют вид

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{3\lambda_{нпс}}{\mu_{нпс}} + \frac{\lambda_{лч}}{\mu_{лч}}} \quad (23)$$

$$P_{нпс} = \frac{P_0 \lambda_{нпс}}{\mu_{нпс}} \quad (24)$$

$$P_{лч} = \frac{P_0 \lambda_{лч}}{\mu_{лч}} \quad (25)$$

В соответствии с исследованиями, проведенными в институте ВНИИСПТ-нефть, значения параметра потока отказов λ / 1/час . 100 км / в зависимости от диаметра трубы D_n и от толщины стенки δ , могут быть приняты согласно данным таблицы 3.

Таблица 3

Параметры потока отказов линейной части МН

δ	D_n , /мм/			
	720 1	820 2	1020 3	1220 4
8	$3 \cdot 10^{-5}$			
8,5	$2,82 \cdot 10^{-5}$			
9	$2,66 \cdot 10^{-5}$	$3,81 \cdot 10^{-5}$		
9,5	$2,52 \cdot 10^{-5}$	$3,60 \cdot 10^{-5}$		

I	2	3	4	5
10	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$3,42 \cdot 10^{-5}$		
10,5		$3,26 \cdot 10^{-5}$		
11		$3,12 \cdot 10^{-5}$	$4,7 \cdot 10^{-5}$	
11,5			$4,5 \cdot 10^{-5}$	
12			$4,32 \cdot 10^{-5}$	
12,5			$4,12 \cdot 10^{-5}$	$5,6 \cdot 10^{-5}$
13			$3,98 \cdot 10^{-5}$	$5,39 \cdot 10^{-5}$
14			$3,7 \cdot 10^{-5}$	$5,00 \cdot 10^{-5}$
14,5				$4,83 \cdot 10^{-5}$
15				$4,67 \cdot 10^{-5}$
15,2				$4,58 \cdot 10^{-5}$

Независимо от категорийности участка, толщины стенки и свойств стали $\tau_{впч}$ определяют по формуле

$$\tau_{впч} = 12,2 + 0,0395 \text{ Дн} / \text{час/ав} /, \quad (26)$$

где Дн подставляют в мм $529 \leq \text{Дн} \leq 1220$

Формула (26) получена обобщением статистических данных о времени простоя МН по различным диаметрам трубопровода.

$$\text{Для третьего участка } \lambda_{пч}^{\text{III}} = \lambda_{234}^{\text{III}} = 0,000142^{\text{I}} / \text{час},$$

$$\tau_{впч}^{\text{III}} = 50 \text{ час}; \quad \mu_{пч}^{\text{III}} = 0,02^{\text{I}} / \text{час}.$$

По формулам (23,24,26) для третьего участка получаем

$$\rho_0^{\text{III}} = 0,9712; \quad \rho_1^{\text{III}} = 0,00728; \quad \rho_2^{\text{III}} = 0,00689$$

П.2.7. Определяем показатель качества функционирования для третьего участка

$$\begin{aligned} \Phi^{\bar{m}}(t) &= M\Phi_t^{\bar{m}} = \sum_{i=0}^4 P_i^{\bar{m}}(t) [\Phi_t^{\bar{m}}] = \sum_{i=0}^4 P_i^{\bar{m}} \Phi_i^{\bar{m}} = \\ &= 0,9712.7431.284 + 3.0,00728.5225.284 = 7331,1012.284 / \frac{\text{TKM}}{\text{час}} / \end{aligned}$$

П.2.8. Определяем показатель качества функционирования для участка идеальной системы МН подобного третьему участку реальной системы МН.

$$\Phi_0^{\bar{m}}(t) = \Phi_0 = 7431.284 / \frac{\text{TKM}}{\text{час}} /$$

П.2.9. Определяем мгновенный показатель надежности третьего участка

$$R^{\bar{m}}(t) = \frac{\Phi^{\bar{m}}(t)}{\Phi_0^{\bar{m}}(t)} = \frac{7331,1012.284}{7431.284} = 0,9865$$

Показатель $R^{\bar{m}}(t)$ показывает, во сколько раз показатель качества функционирования $\Phi^{\bar{m}}(t)$ исследуемого участка МН снижается из-за отказов элементов по сравнению с показателем качества функционирования идеальной системы.

По формулам (1,2,3,4,20,21,22,26) определяем показатели надежности $R^I(t), R^{\bar{a}}(t)$ каждого участка

$$R^I(t) = 0,9997 \quad R^{\bar{a}}(t) = 0,9888$$

П.2.10. Определяем показатель эффективности функционирования.

При стационарном режиме эксплуатации показатель качества функционирования для любого момента времени t

$$\Phi(t) = \Phi = \text{const}$$

Получаем показатель эффективности $\varphi[a, b]$ в интервале времени $a \leq t \leq b$ согласно (5)

$$\varphi[a, b] \int_a^b \Phi(t) dWt = \Phi \int_a^b dWt = \Phi(b-a)W$$

здесь W - весовая функция, размерность / I час /

Для третьего участка показатель эффективности функционирования

$$\varphi^{\bar{a}}[a, b] = 7331,1012 \cdot 284 (b-a)$$

Показатель эффективности $\varphi [a, b]$ может быть достигнут различными способами. Поэтому появляется необходимость экономической оценки функционирования. Эта оценка производится путем учета затрат, необходимых для решения поставленной задачи. Данная интервальная оценка может учитывать не только проделанную работу по перемещению нефти, но и стоимость перемещения, т.е. ее размерность имеет вид / ткм/руб /, т.е. величина, обратная себестоимости транспорта нефти. В затраты должны входить:

- а) заработная плата;
- б) отчисление на социальное страхование (% к заработной плате);
- в) затраты на электроэнергию (стоимость всей электроэнергии);
- г) топливо (на собственные нужды);
- е) материалы (в соответствии с планом материально-технического снабжения);
- ж) амортизация (амортизационные отчисления, относимые на себестоимость транспорта нефти);
- з) прочие расходы (содержание зданий, сооружений, инвентаря, содержание транспорта, связи, охраны и т.п.);
- и) стоимость ущерба от аварий (штрафы за поправки земли, штрафы от загрязнения водоемов и т.п.).

Отказы элементов системы МН при решении задачи транспортирования нефти влияет непосредственно на следующие статьи затрат: на затраты по электроэнергии, на затраты, связанные с потерями

нефти, на стоимость ущерба от аварий.

Для проектируемых МН экономическая оценка может быть произведена по аналогии со статьями затрат эксплуатирующихся МН.

П.2.11. Определяем показатель эффективности функционирования для третьего участка идеальной системы МН.

$$\varphi_0^{\text{III}} [a, b] = 7431 \cdot 284 (b-a) / \text{ткм} / \quad (27)$$

П.2.12. Определяем интервальный показатель надежности для третьего участка.

$$r [a, b] = \frac{\varphi [a, b]}{\varphi_0 [a, b]} = \frac{\phi (b-a)}{q_0 L (b-a)} = \frac{\phi}{q_0 L} = R(t) \quad (28)$$

т.е. при стационарном режиме эксплуатации интервальный показатель надежности $r [a, b]$ численно совпадает с мгновенным показателем надежности $R (t)$.

П.2.13. Определение показателей надежности системы МН в целом с учетом компенсирующей роли П1, произведем согласно методу, изложенному в работах / 10, 11 /.

Показатели надежности отдельных участков R_1, R_2, \dots, R_K , r_1, r_2, \dots, r_K представляют в виде эквивалентных характеристик надежности $\tilde{\lambda}_1, \tilde{\lambda}_2, \dots, \tilde{\lambda}_K, \tilde{\tau}_b, \tilde{\tau}_{b2}, \dots, \tilde{\tau}_{bK}$, которые определяются по формулам / 12 /

$$\tilde{\tau}_{b0} = \frac{1}{\mu_n} = \frac{\lambda_{1n}}{\lambda_{\Sigma n}} \tau_{1n} + \frac{\lambda_{2n}}{\lambda_{\Sigma n}} \tau_{2n} + \dots + \quad (29)$$

$$\tilde{\lambda}_n = \frac{(1-R_n) \mu_n}{R_n} \quad (30)$$

$$\lambda_{\Sigma n} = \lambda_{1n} + \lambda_{2n} + \dots$$

Для рассматриваемой системы МН эквивалентные характеристики надежности участков

$$\tilde{\lambda}_3 = 0,00437^I/\text{час}$$

$$\tilde{\lambda}_2 = 0,0016^I/\text{час}$$

$$\tilde{\lambda}_1 = 0,000005^I/\text{час}$$

$$\tilde{\mu}_3 = 0,32^I/\text{час}$$

$$\tilde{\mu}_2 = 0,14^I/\text{час}$$

$$\tilde{\mu}_1 = 0,02^I/\text{час}$$

П.2.14. Показатель надежности системы МН, состоящей из K участков и $(K - 1)$ ПИ, определяются по формуле / II /

$$R = 1 - [(1 - R_K) + \Psi_{K-1, K} (1 - R_{K-1})] \quad (31)$$

Величина $\Psi_{K-1, K}$ учитывает отказы предыдущих $(K - 1)$ участков и компенсирующее влияние ПИ.

Для определения $\Psi_{K-1, K}$ составляют систему уравнений, общий вид которой

$$\begin{cases} a_n \tilde{\lambda}_n = \tilde{\lambda}_n + a_{n-1} \tilde{\lambda}_{n-1} Y_{\tilde{\mu} V_n} \left[\frac{b_n \tilde{\lambda}_n}{a_{n-1} \tilde{\lambda}_{n+1}} \right] & (n=2,3,\dots,K) \\ b_n \tilde{\lambda}_n = \tilde{\lambda}_n + b_{n-1} \tilde{\lambda}_{n+1} Y_{\tilde{\mu} V_n} \left[\frac{a_n \tilde{\lambda}_n}{b_{n+1} \tilde{\lambda}_{n+1}} \right] & (n=1,2,\dots,K-1) \end{cases} \quad (32)$$

здесь

$$Y_{\tilde{\mu} V_n}(\gamma) = \begin{cases} \frac{\gamma - 1}{\gamma \exp\{\tilde{\mu} V_n \frac{\gamma - 1}{\gamma + 1}\} - 1} & \text{при } \gamma \neq 1 \\ \frac{1}{1 + \frac{\tilde{\mu} V_n}{2}} & \text{при } \gamma = 1 \end{cases} \quad (33)$$

$V_n = \frac{Q_n}{q_n}$ - время выработки n -ого ПИ в часах.

Данная система трансцендентных уравнений (32) решается методом последовательных приближений.

Для рассматриваемого МН имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} a_2 \cdot 0,0016 = 0,0016 + a_1 \cdot 0,000005 Y_{\mu_1} V_1 \left(\frac{b_2 \cdot 0,0016}{a_1 \cdot 0,000005} \right) \\ b_2 \cdot 0,0016 = 0,0016 + v_3 \cdot 0,00437 Y_{\mu_2} V_2 \left(\frac{a_2 \cdot 0,0016}{v_3 \cdot 0,00437} \right) \end{cases} \quad (34)$$

Систему (34) решают следующим образом.

Принимают $a_2 = v_3 = 1$ и подставляют во второе уравнение системы (34)

$$0,0016 V_2 = 0,0016 + 0,00437 \cdot Y_{\mu_2} V_2 \quad (0,366) \quad (35)$$

$$V_2 = 13 / \text{час} / \quad \tilde{\mu}_2 V_2 = 1,82$$

$$b_2 = 1 + \frac{0,00437}{0,0016} Y_{1,82} (0,366) = 1 + 2,731 \frac{0,366 - 1}{0,366 \cdot \exp\left\{1,82 \frac{0,366 - 1}{0,366 + 1}\right\} - 1} = 3,0545$$

Значение $v_2 = 3,0545$ подставляют в первое уравнение системы (34) и определяют a_2

$$a_2 = 1 + \frac{0,000005}{0,0016} Y_{0,4} \left(\frac{3,0545 \cdot 0,0016}{0,000005} \right) =$$

$$= 1 + 0,00031 Y_{0,4} (977,44) = 1 + 0,00031 \frac{977,44 - 1}{977,44 \cdot \exp\left\{0,4 \frac{977,44 - 1}{977,44 + 1}\right\} - 1} = 1,0021$$

Получив величины a_2 и v_3 , определяют $\psi_{2,3} = \psi_{k-1,k}$

$$\psi_{2,3} = Y_{\tilde{\mu}_2} V_2 \left(\frac{a_2 \tilde{\lambda}_2}{b_3 \tilde{\lambda}_3} \right) = Y_{1,82} \left(\frac{1,0021 \cdot 0,0016}{1 \cdot 0,00437} \right) = 0,7519$$

Показатель надежности системы МН

$$R = 1 - (1 - 0,9865) + 0,7519 (1 - 0,9888) = 0,97808$$

ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ "НАИРИ" ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО

НЕФТЕПРОВОДА

Описание основных переменных, используемых в программе,
приведено в таблице 4.

Обозначение основных переменных, использованных в програм-
ме:

при вводе

Идентификаторы переменных и массивов	Размерность	Условные обозначения параметров
c		K
z		номер участка с головной станцией
no	1/час	λ_{nnc}
mo	1/час	μ_{nnc}
ni	1/час 100км	$\lambda_{ni}, i=1, \dots, K$
mi	1/час	$\mu_{ni}, i=1, \dots, K$
ni		$\pi_0 = 0$
xi		$\pi_i, i=1, \dots, K$
xi	$m^3/час$	ϕ_0
xi	$m^3/час$	ϕ_i
li	км	$l_i, i=1, K$
li	час	$V_i, i=1, K$

при выводе

ч		R_K
у		R_{K-1}
в		$\Psi_{K-1, K}$
ni 1=c		R
xi 1=c	дни	A

```

1=10 л м х т
1=9 l
1 Введем с з
2 допустим к=c i=0
3 Введем л1 м1 т1
4 Введем х1 l1
5 вставим i=i+1
6 если i-k<0 угти к 3
7 Введем лk мk тk хk
8 допустим i=1 j=3
9 вычислим o=1/((1+m1l0/m0+л1х1/100m1)
10 если i-j≠0 угти к 13
11 вычислим ч=o(1+(m1-1)l0(o/m0х0)
12 угти к 14
13 вычислим ч=o(1+m1l0o/m0х0)
14 вычислим u=m1l0+л1х1/100 z=л1х1/100m1+m1l0/m0
15 вычислим m1=1/z л1=(1-u)m1/u
16 вставим i=i+1
17 если i-k≠0 угти к 19
18 допустим y=4
19 если i-k<0 угти к 9
20 если k-2≠0 угти к 65
21 допустим i=1
22 допустим х1=1 m1=1
23 вставим i=i+1
24 если i-k<0 угти к 22
25 допустим i=2
26 допустим k=i
27 вставим k=k-1
28 вычислим z=mkл1/хkлk o=mklk
29 вычислим δ=(z-1)/(z(схр(o(z-1)/(z+1))))-1
х1=1+хkлkδ/л1
30 вставим k=k+2
31 вычислим z=х1л1/m1лk o=m1l1
32 вычислим δ u=1+m1лkδ/л1
33 вставим i=i-1
34 допустим m1=u
35 вставим i=i+2
36 допустим k=c
37 если i-k<0 угти к 26
38 вставим k=k-1
39 допустим i=k
40 вычислим u=хk
41 допустим k=i
42 вставим k=k-1
43 вычислим z=mkл1/хkлk o=mklk
44 вычислим δ х1=1+хkлkδ/л1
45 допустим k=c
46 вставим k=k-1
47 если i-k≠0 угти к 51
48 вычислим u=u-хk
49 допустим u=|u|
50 если u=0.00001<0 угти к 60
51 вычислим z=1/z δ
52 допустим k=1
53 вставим k=k-1
54 вычислим u=1+mkл1δ/лk

```

```
55 Вставим  $i=i-2$ 
56 допустим  $m_1=u$ 
57 Вставим  $i=i+1$ 
58 если  $i \geq 0$  угти к 41
59 угти к 25
60 допустим  $i=c$ 
61 Вычислим  $z=x_k l_k / n_1$   $o=m_k l_k$ 
62 Вычислим  $\delta$ 
63 Вычислим  $m_1=1-(1-u)-\delta(1-y)$   $x_1=365(1-m_1)$ 
64 угти к 69
65 Вычислим  $z=n_2 m_1 / n_1 m_2$   $o=(n_1 m_2 + n_2 m_1) / (n_1 + n_2)$ 
66 если  $z \neq 0$  угти к 62
67 Вычислим  $u=2/(2+o)$   $m_1=1-(1-u)-u(1-y)$ 
68 Вычислим  $x_1=365(1-m_1)$ 
69 печатаем с 7 знаками  $x_1$   $m_1$   $\delta$   $y$   $u$ 
70 угти к 1
71 кончаем
исполним 1
```

3 2

```
0.0015 0.2 0 7431 5255
0.00005 0.01 0 10 20.18
0.00005 0.01 1 151 13.46
0.00005 0.01 3 284
```

$x_2 = 10.0201402$ $m_2 = 0.9725475$ $\delta = 0.7706725$ $y = 0.990398$

Приложение 4
(справочное)ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА $\Psi_{1,2}$ ОТ
ОБЪЕМА РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА

Если система состоит из 2-х участков ($k = 2$), расчет показателей надежности производят по формуле

$$R = 1 - (1 - R_2) + \Psi_{1,2} (1 - R_1)$$

Значение $\Psi_{1,2}$ определяют непосредственно по формуле (33).

В приложении 4 даны графики для значений $\Psi_{1,2}$, вычисленных по формулам (33) для системы МН, состоящей из 2-х участков.

Значения $\Psi_{1,2}$ вычислены для случаев $\bar{\mu}_1 = \bar{\mu}_2 = \bar{\mu}$
при $\bar{\lambda}_1 / \bar{\lambda}_2 = 0 + 4$ для $V = 5 + 25$ / час /
Значения определяются из графиков по известным $\bar{\lambda}_1, \bar{\lambda}_2, \bar{\mu}, V$

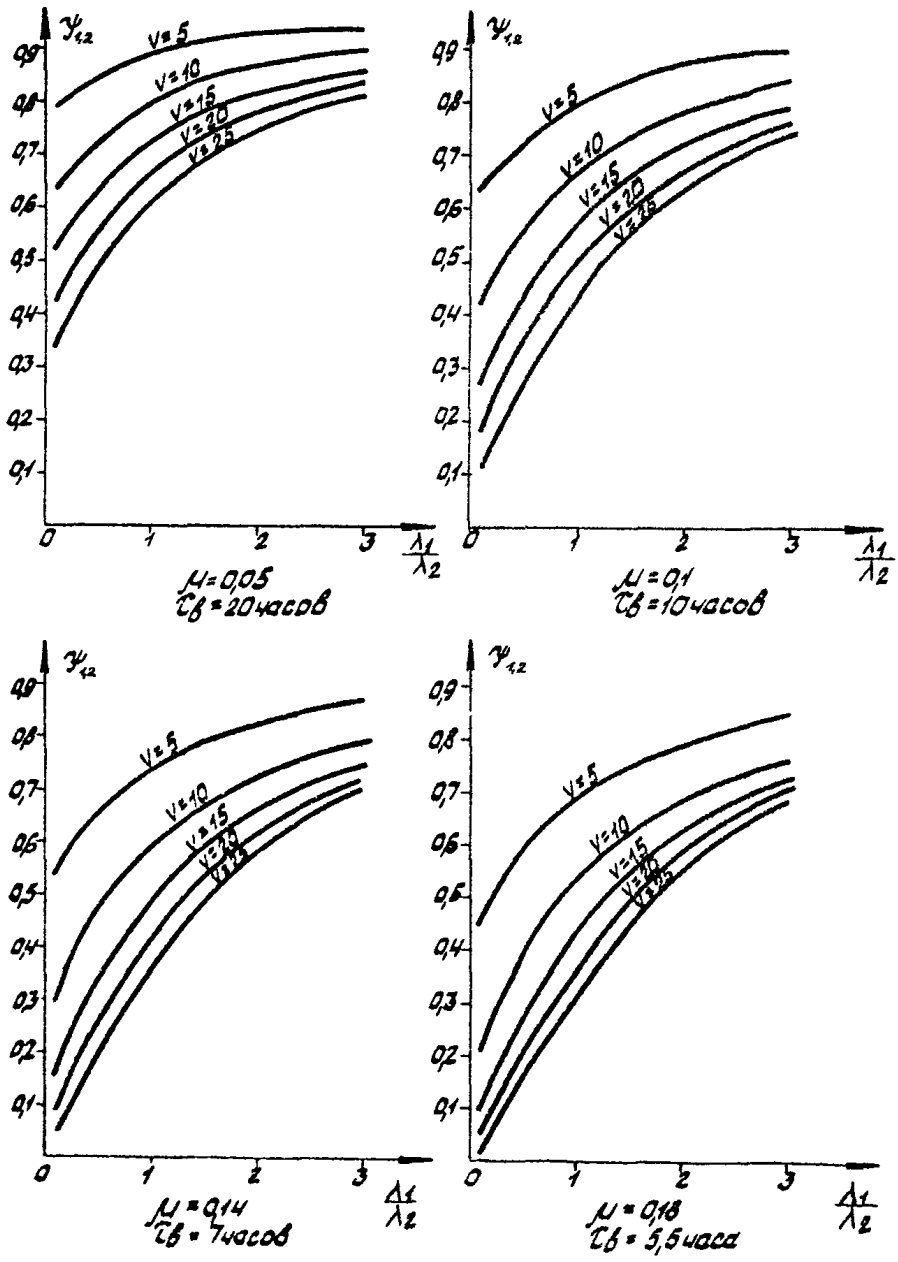


Рис. 3. Зависимость ψ_{12} от λ_1/λ_2 для $n=2$

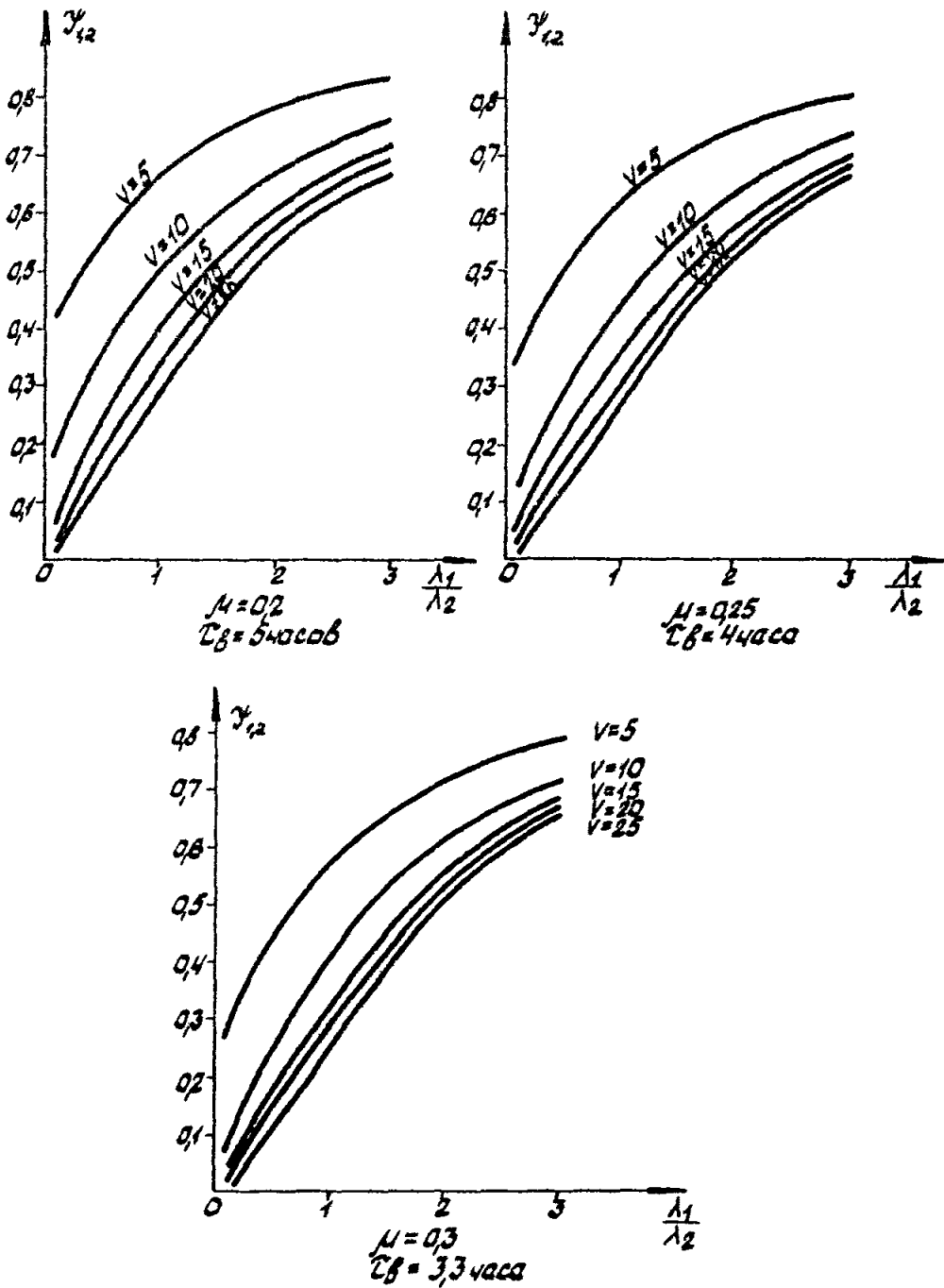


Рис. 4. Зависимость $\psi_{1,2}$ от λ_1/λ_2 для $n = 2$

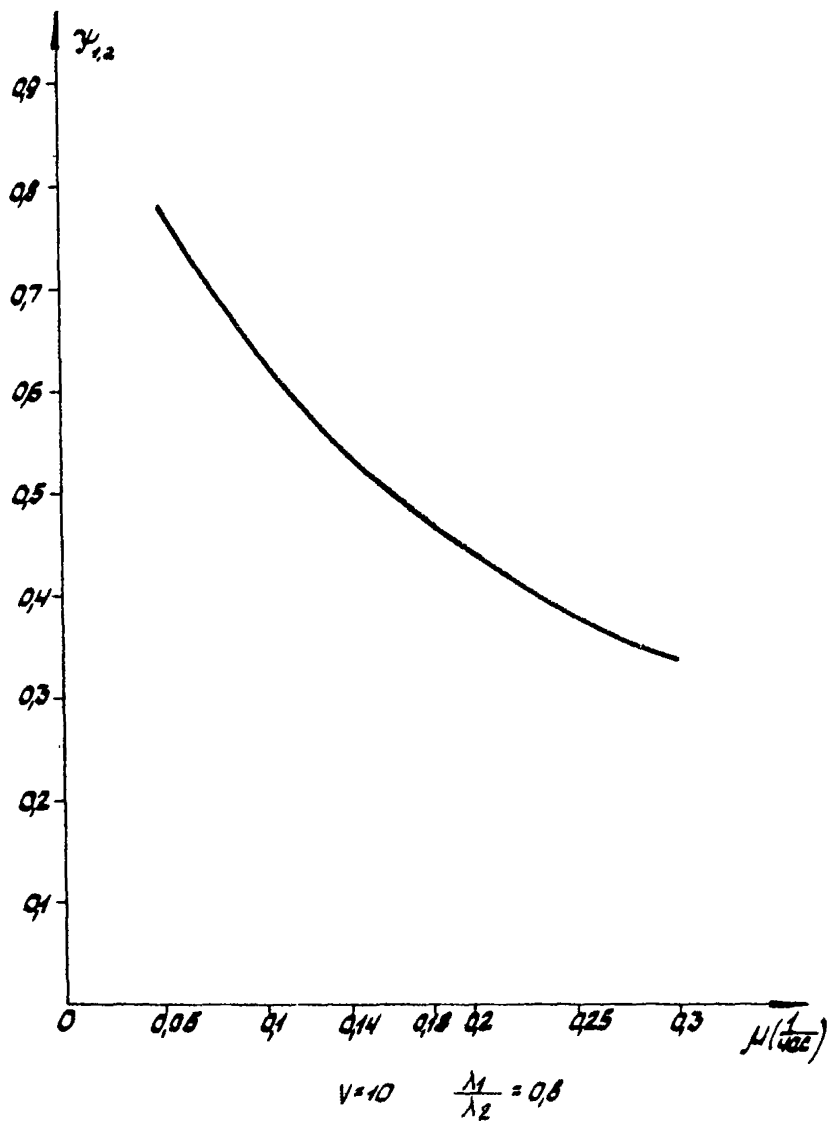


Рис. 5. Зависимость $\Psi_{1,2}$ от μ для $n = 2$ при $\lambda_1/\lambda_2 = \text{const}$.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО РАСЧЕТУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА
ДЛЯ ЭВМ ЕС-1020

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПРОГРАММЕ

П.5.1. Введение

Программа разработана на алгоритмическом языке "Фортран IV" для ЭВМ ЕС-1020.

П.5.2. Паспорт программы

П.5.2.1. Программа относится к классу рабочих программы, состоит из головной программы "POLYT "

П.5.2.2. Сокращенное наименование программы "POLYT "

П.5.2.3. Полное наименование задачи

"Определение показателей надежности магистрального нефтепровода" I-ый вариант

П.5.2.4. Перечень использованных устройств

- устройство ввода с перфокарт (ЕС-6012);

- устройство вывода на печать (ЕС-7030).

П.5.2.5. Описание входной информации.

Входной информацией для работы программы служат следующие параметры: $\lambda_1, \mu_1, \lambda_{2n}, \mu_{2n}, m_n, V_{n-1}, L_n, \Phi_2, \Phi_1$

Входная информация перфорируется на перфокарты. Описание входной информации приведено в приложении 6.

П.5.2.6. Описание выходной информации

Выходная информация печатается на АППУ в виде таблиц, которые приводятся в контрольном примере (Приложение 9).

П.5.2.7. Используемые стандартные программы

В программе используются стандартные программы системы ввода - вывода и стандартные программы из библиотеки Фортрана *ABS, EXP.*

П.5.2.8. Время работы программы

Трансляция - 3 мин.

Решение контрольного примера - 1 мин.

П.5.3. Инструкция по эксплуатации программы

Установить на устройство с ПК задание "POLYT" и нажать "Пуск". Задание на выполнение программы формируется согласно макету задания (Приложение 10).

П.5.4. Инструкция по подготовке исходных данных

Входная информация перфорируется на перфокарты следующим образом

№ карты	позиции	параметры	формат
I	2	3	4
I	I - 5	π	I5
2	I - 12	λ_1	F I2.5
	I3 - 24	μ_1	F I2.5
	25 - 36	Φ_1	F I2.5
	37 - 48	Φ_0	F I2.5
3	I - 10	L_1	F I0.2
	II - 20	L_2	F I0.2
	-	-	-
	40 - 50	L_5	F I0.2
по 5 L	на каждой карте в зависимости от K		
4	I - 12	λ_{21}	F I2.8.
	I3 - 24	λ_{22}	F I2.8
	-	-	-

	I	!	2	!	3	!	4
по 5			40 - 50		λ_{25}		F I2.8
			λ_{2n}				
5			I - I2		μ_{21}		F I2.8
			-		-		-
по 5			40 - 50		μ_{25}		F I2.8
6			I - I2		V_1		F I2.6
			-		-		-
по 5			40 - 50		V_2		F I2.6
			V_K				
7			I - 5		m_1		I 5
			6 - IO		m_2		I 5
			40 - 50		m_{10}		I 5

Примечание: I. Количество значений на ПК $(t_n, \lambda_{2n}, \mu_{2n}, V_n, m_n)$ зависит от K количества участков, на каждой ПК можно набить по пять значений

$$(t_n, \lambda_{2n}, \mu_{2n}, V_n, m_n)$$

m_i - можно набить на I П К IO значений, если же $K < 5$, то набиваются все имеющиеся значения, остальные позиции остаются пустыми.

2. Недостающие десятичные знаки в целой части числа заполняются пробелами или нулями слева; недостающие десятичные знаки в дробной части заполняются справа нулями.

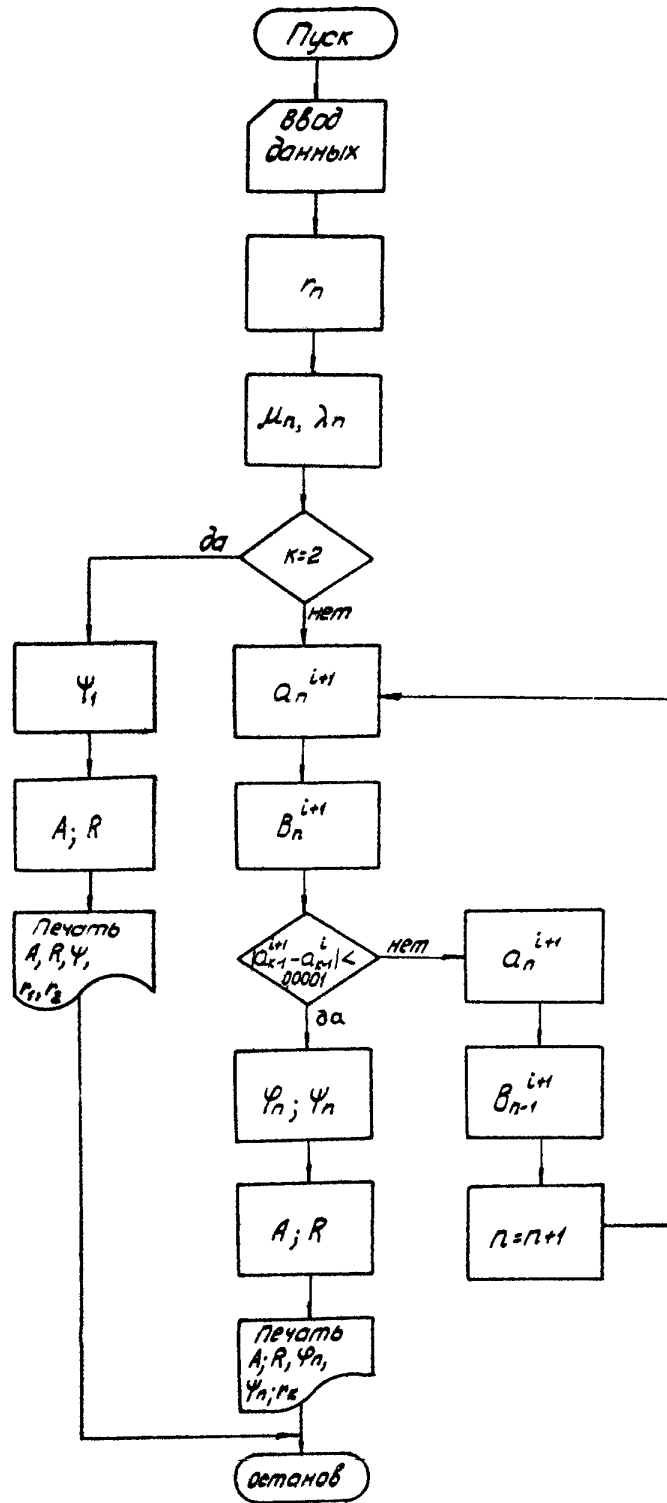
Пример перфорации для контрольного примера приведен в приложении // .

Приложение 6

Таблица идентификаторов

Условное обозначение параметров	Размерность	Идентификаторы переменных массивов	Наименование параметров
n		N	количество участков
L_n	км	$DLI [20]$	длины участков
m_n		$M [20]$	количество НПС на участках
V_n	чос	$V [20]$	объемы резервуарных парков
r_n		$R1 [20]$	показатели надежности по участкам
Ψ_n		$PCI [20]$	Функция влияния последующего участка на предыдущий
φ_n		$FI [20]$	Функция влияния предыдущего участка на последующий
λ_1	Г/час	$ALA1$	
μ_1	Г/час	$AM1I$	
λ_{2n}	Г/час, ГОСкм	$ALA [20]$	
μ_{2n}	Г/час	$AM2 [20]$	
Φ_0	м ³ /час	$DR01$	
Φ_1	м ³ /час	$DR02$	
θ		TET	
D_n		DJ	
E_n		TAY	
μ_n		$AM [20]$	
λ_n		$AL [20]$	
A	дней	A	
R		R	показатель надежности системы

БЛОК - СХЕМА ПРОГРАММЫ




```
// JOB POLYT
// OPTION LINK
// EXEC PFORTRAN
```

DATE 19/10/78

Приложение 8

DOS/ES FORTRAN IV V.M 1,3

OPTIONS IN EFFECT

```
LOAD   =4
DECK   NO
LIST   YES
LISTX  NO
```

РАСПЕЧАТКА ПРОГРАММЫ

EBCDIC

DOS/ES FORTRAN IV V.M 1,3

MAINPGM

DATE 19/10/78

TIME

00,00,00

PAGE 0001

```

C      ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ МН
0001      DIMENSION R1(20),F1(20),A11(20),A1(20),B11(20),B1(20)
0002      DIMENSION PCI(20),AL(20),AM(20),V(20)
0003      DIMENSION M(20),DL1(20),AM2(20),ALA(20)
0004      YQ1(X,Y)=(X-1.)/(X*EXP(Y*(X-1.)/(X+1.))-1.)
0005      READ(1,50)N,ALA1,AM1,PRO1,PRO2
0006      50  FORMAT(15/2F12.5,2F12.6)
0007      NI=N-1
0008      READ(1,20)(DL1(K),K=1,N)
0009      20  FORMAT(5F10.2)
0010      READ(1,23)(ALA(K),K=1,N)
0011      READ(1,23)(AM2(I),I=1,N)
0012      23  FORMAT(5F12.8)
0013      READ(1,22)(V(J),J=1,NI)
0014      READ(1,51)(M(J),J=1,N)
0015      51  FORMAT(10I5)
0016      22  FORMAT(5F12.6)
0017      YZ=ALA1*PRO1/(AM1*PRO2)
0018      DO 6 J=1,N
0019      Y1=ALA1*M(J)
0020      Y2=ALA(J)*DL1(J)/100.
0021      PJ=1./(1.+(Y1/AM1)+Y2/AM2(J))
0022      IF(J.EQ.1) R1(J)=PJ*(1.+(M(J)-1.)*YZ)
0023      IF(J.NE.1) R1(J)=PJ*(1.+(M(J)*YZ)
0024      Y3=Y2/(AM2(J)*(Y1+Y2))
0025      Y4=Y1/(AM1*(Y1+Y2))
0026      TAY=Y3+Y4
0027      AM(J)=1./TAY
0028      AL(J)=(1.-R1(J))*AM(J)/R1(J)
0029      6  CONTINUE
0030      IF(N.GT.2) GO TO 15
C      *****
C      N=2
C      *****
0031      GER=AL(2)*AM(1)/(AL(1)*AM(2))
0032      TET1=V(1)*(AL(1)*AM(2)+AL(2)*AM(1))
0033      TET=TET1/(AL(1)+AL(2))
0034      E=#,00000001
0035      E1=1,-E
0036      E2=1,+E
0037      IF((GER.GT.E2).OR.(GER.LT.E1)) GO TO 13
0038      PCI(1)=1./(1.+TET/2.)
0039      GO TO 105
0040      13  PCI(1)=YQ1(GER,TET)
0041      105  R=1.-(1.-R1(2))-PCI(1.)*(1.-R1(1))
0042      A=365.*(1.-R1(2))+PCI(1)*(1.-R1(1))
0043      GO TO 17

```

```

CLOCK
*****
N БОЛЬШЕ 2
*****
0044 15 DO 8 I=1,NI
0045      8 A1(I)=1.
0046      DO 9 I=2,N
0047          9 B1(I)=1.
0048          U=A1(N-1)
0049      3 DO 40 I=2,NI
0050          A11(I)=A1(I)
0051          J=I-1
0052          GER=B1(I)*AL(I)/(A11(J)*AL(J))
0053          TET=AM(J)*V(J)
0054          YQ=YQ1(GER,TET)
0055          A11(I)=1.+A11(J)*YQ*AL(J)/AL(I)
0056          TET=AM(I)*V(I)
0057          J=I+1
DOS/ES FORTRAN IV V.M 1.3
MAINPGM
DATE 19/10/78
TIME
0058 GER=A11(I)*AL(I)/(B1(J)*AL(J))
0059 YQ=YQ1(GER,TET)
0060 B1(I)=1.+B1(J)*AL(J)*YQ/AL(I)
0061 40 CONTINUE
0062 ZIR=A11(N-1)-U
0063 IF (ABS(ZIR).LT.#.#) GO TO 41
0064 I=N-1
0065 2 J=I-1
0066 TET=AM(J)*V(J)
0067 GER=B11(I)*AL(I)/(A11(J)*AL(J))
0068 YQ=YQ1(GER,TET)
0069 A11(I)=1.+A11(J)*AL(J)*YQ/AL(I)
0070 GER=A11(J)*AL(J)/(B11(I)*AL(I))
0071 YQ=YQ1(GER,TET)
0072 B11(J)=1.+B11(I)*AL(I)*YQ/AL(J)
0073 B1(J)=B11(J)
0074 B1(N-1)=B11(N-1)
0075 I=I-1
0076 IF (I.GE.3) GO TO 2
0077 U=A11(N-1)
0078 GO TO 3
0079 41 DO 43 I=1,NI
0080 B11(N)=B1(N)
0081 GER=A11(I)*AL(I)/(B11(I+1)*AL(I+1))
0082 RO=1./GER
0083 TET=AM(I)*V(I)
0084 PCI(I)=YQ1(GER,TET)
0085 I=I+1
0086 43 F1(I)=YQ1(RO,TET)
0087 R=1.-(1.-R1(N))-PCI(N-1)*(1.-R1(NI))
0088 A=365.*((1.-R1(N))+PCI(NI)*(1.-R1(NI)))
0089 17 WRITE (3,500)N,PRO1,PRO2,ALA1,AM1
0090 500 FORMAT (51X,'ВХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ'/
0091 125X,'КОЛИЧЕСТВО УЧАСТКОВ N='I5.
0092 25X,'Ф1='F12.6,5X,'Ф2='F12.6/
0093 330X,'ЛЯМБДА 1='F12.5,5X,'М0 1='F12.5)
0094 WRITE (3,501)
0095 501 FORMAT (/17X,86(1H=)/17X,1H:,2X,'НОВЕР',2X,1H:,
0096 13X,'ЛЯМБДА 2',3X,1H:,5X,'М0 2',5X,1H:,
0097 26X,'L',7X,1H:,6X,'M',7X,1H:,6X,'V',7X,1H:/
0098 317X,1H:,1X,'УЧАСТКА',1X,1H:,
0099 45(14X,1H:)/
0100 517X,86(1H=))
0101 DO 504 I=1,NI
0102 WRITE (3,502)I,ALA(I),AM2(I),DLI(I),M(I),V(I)
0103 502 FORMAT (17X,1H:,2X,I5,2X,1H:,1X,F12.6,1X,1H:,
0104 11X,F12.6,1X,1H:,2X,F10.2,2X,1H:,4X,I6,4X,1H:,
0105 21X,F12.6,1X,1H:)
0106 504 CONTINUE
0107 WRITE (3,503)N,ALA(N),AM2(N),DLI(N),M(N)
0108 503 FORMAT(17X,1H:,2X,I5,2X,1H:,1X,F12.6,1X,1H:,
0109 11X,F12.6,1X,1H:,2X,F10.2,2X,1H:,4X,I6,4X,1H:,14X,1H:/
0110 217X,86(1H=)/(40X,'РЕЗУЛЬТАТЫ')
0111 WRITE (3,505)

```

```
#100      505 FORMAT (/17X,56(1H=)/17X,1H:,2X,'HOMEP',2X,1H:,
            10X,'R1',6X,1H:,5X,'PCI',6X,1H:,6X,'F1',6X,1H:/
            217X,1H:,1X,'УЧАСТКА',1X,1H:,
            33(14X,1H:)/
            417X,56(1H=))
```

```
#101      WRITE (3,510)R1(1),PCI(1)
```

```
#102      510 FORMAT (17X,1H:,6X,'1',2X,1H:,1X,F12.5,1X,1H:,
            11X,F12.7,1X,1H:,14X,1H:)
```

```
#103      IF (N.EQ.2) GOTO 511
```

```
#104      DO 507 I=2,NI
```

```
DOS/ES  FORTRAN  IV  Y.N  1,3
```

```
MAINPGM
```

```
DATE  19/10/78
```

```
TIME
```

```
00,00.00
```

```
PAGE 0003
```

```
#105      WRITE (3,506)I,R1(I),PCI(I),FI(I)
```

```
#106      506 FORMAT (17X,1H:,2X,15,2X,1H:,1X,F12.3,1X,1H:,
            12(1X,F12.7,1X,1H:))
```

```
#107      507 CONTINUE
```

```
#108      WRITE (3,508)N,R1(N),FI(N)
```

```
#109      508 FORMAT (17X,1H:,2X,15,2X,1H:,1X,F12.3,1X,1H:,
            114X,1H:,1X,F12.7,1X,1H:/17X,56(1H=))
```

```
#110      IF (N.GT.2) GOTO 513
```

```
#111      511 WRITE (3,512) N,R1(N)
```

```
#112      512 FORMAT (17X,1H:,2X,15,2X,1H:,1X,F12.3,1X,1H:,
            12(14X,1H:)/17X,56(1H=))
```

```
#113      513 WRITE (3,509)R,A
```

```
#114      509 FORMAT (28X,'R=',F12.7,5X,'A=',F12.7)
```

```
#115      STOP
```

```
#116      END
```

```
DOS/ES  FORTRAN  IV  Y.N  1,3
```

```
MAINPGM
```

```
DATE  19/10/78
```

```
TIME
```

```
00,00.00
```

```
PAGE 0004
```

SCALAR MAP									
SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION
N	130	ALA1	134	AM1	138	PRO1	150	PRO2	140
NI	144	K	148	I	140	J	150	Y2	154
Y1	150	Y2	150	PJ	160	Y3	164	Y4	168
TAY	160	GER	170	TET1	174	TET	178	E	170
E1	180	E2	184	R	188	A	180	D	190
YB	194	J1	198	Z1R	190	RO	1A0	I1	1A4

ARRAY MAP									
SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION
R1	1A8	FI	1F8	A11	248	A1	298	B11	2E8
B1	330	PCI	388	AL	3D8	AM	428	Y	478
N	408	DL1	518	AM2	568	ALA	588		

SUBPROGRAMS CALLED									
SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION
IBCOM	608	EXP	60C						

FORMAT STATEMENT MAP									
SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION	SYMBOL	LOCATION
30	650	20	68F	23	666	51	66D	22	673
300	67A	501	6E0	502	768	503	7A3	505	7F0
310	860	506	8BA	508	8B1	512	8E3	509	90E

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕШЕНИЯ КОНТРОЛЬНОГО ПРИМЕРА

// EXEC * UNREFERENCED SYMBOLS

ВХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ
 КОЛИЧЕСТВО УЧАСТКОВ N= 4 *1= 330.212646 *P= 466.920898
 ЛЯМБДА 1= 0.00220 МО 1= 0.20000

НОМЕР УЧАСТКА	ЛЯМБДА 2	МО 2	L	M	
1	0.00002350	0.03017900	46.00	1	21.416885
2	0.00002350	0.03017900	64.00	1	21.416885
3	0.00002350	0.03017900	50.00	1	21.416885
4	0.00002350	0.03017900	54.00	1	

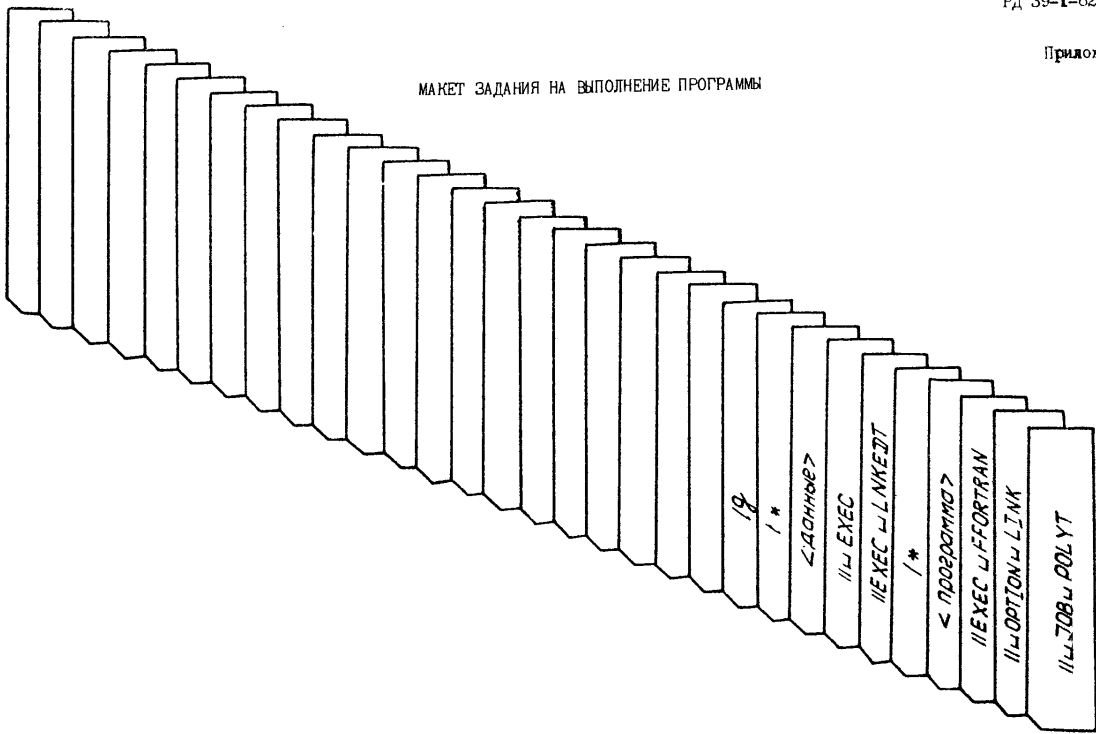
РЕЗУЛЬТАТЫ

НОМЕР УЧАСТКА	R1	PCI	FI
1	0.98877	0.0923780	
2	0.99632	0.0904660	0.6802245
3	0.99643	0.0812556	0.6909626
4	0.99640		0.7111191

R= 0.9961109 A= 1.4195261

EOJ POLYT

МАКЕТ ЗАДАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика выбора показателей для оценки надежности сложных технических систем, ВНИИС, М., 1970.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М., 1968.
3. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы теории надежности. М., 1965.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М., 1969.
5. Ушаков И.А. Эффективность функционирования сложных технических систем. В сб. о надежности сложных технических систем. М., 1966.
6. Тараканов К.В., Овчаров Л.А., Тырышкин А.Н. Аналитические методы исследования систем. М., 1974.
7. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. М., 1973.
8. Обслуживание нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов. М., ВНИИОЭНГ, 1974.
9. Севастьянов Б.А. Задача о влиянии емкости бункеров на среднее время простоя автоматической линии станков. "Теория вероятностей и ее применения", 1962, т. III, вып. 4.
10. Райкин А.Л. Элементы теории надежности для проектирования технических систем. М., 1967.
11. Ушаков И.Н. Инженерные методы расчета надежности. М., 1970, вып. I - 4.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие положения	<u>3</u>
2. Порядок определения показателей надежности магистрального нефтепровода, рассматриваемого в целом	<u>5</u>
Приложение 1. Пояснение к основным терминам и приняты обозначения	<u>10</u>
Приложение 2. Пример расчета показателей надежности МН для задачи транспортирования нефти	<u>12</u>
Приложение 3. Программа для ЭВМ "Наири" для определения показателей надежности магистрального нефтепровода	<u>26</u>
Приложение 4. (справочное) Зависимость коэффициента Ψ_{12} от объема резервуарного парка	<u>29</u>
Приложение 5. Рабочая программа по расчету показателей надежности магистрального нефтепровода для ЭВМ ЕС-1020	<u>33</u>
Приложение 6. Таблица идентификаторов	<u>37</u>
Приложение 7. Блок-схема программы	<u>38</u>
Приложение 8. Распечатка программы	<u>40</u>
Приложение 9. Результаты решения контрольного примера	<u>43</u>

Приложение IО. Макет задания на выполнение программы	<u>45</u>
Приложение II. Пример перфорации исходных данных	<u>46</u>
Список литературы	<u>47</u>

М Е Т О Д И К А
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ
МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

РД 39-I-62-78

Издание ВНИИСПНефти
Редактор Л. Д. Чернышева

Подписано к печати 29.11.78. ПО3674
Формат 60x90 1/16. Уч.-изд. л. 2.3. Тираж 200
Цена 11 коп. Заказ 204

Ротапринт ВНИИСПНефти