МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ВНИИСПТнефть

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

1978

gost.e-ecolog.ru

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

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-I-62-78

1978

Настоящая "Методика" разработана авторским коллективом в составе:

В.Т.Агишева, 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 ВНИИСПТнефти в составе: Л.Г.Арслановой, Р.Х.Ахтямовой.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

РД 39-I-62-78

Приказом Министерства нефтяной промышленности от I7.05.78 № 249

Срок введения с I.07.78.

Срок действия по 30.0683.

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.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. 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.).

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

I.2.I. 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 подучаемая 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-I020 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 НЕФТЕПРОВОДА, РАССМАТРИВАЕМОГО В ЦЕЛОМ

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

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

2.4.I. 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.I. 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.I. 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 .

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

здесь n - общее число состояний.

2.8. Определяется показатель качества функционирования для идеального МН

2.8.I. 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

$$\Phi_o^j(t) = \Phi_o^j = const \qquad (2)$$

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

$$R^j(t) \quad \frac{\Phi^j(t)}{\Phi_o^j(t)} \qquad (3)$$

С учетом (2)

$$R^j(t) = \frac{\Phi^j(t)}{\Phi_0^j} \qquad (4)$$

2.I0. Определяется показатель эффективности функционирования $\varphi^j[a,b]$ системы МН как усредненное значение показателя качества функционирования в исследуемом интервале времени $[a,b]$ по формуле

$$\varphi^j[a,b] = \int_a^b \Phi^j(t)\, dW^j t \qquad (5)$$

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

2.I0.I. Подинтегральная функция $\Phi^j(t)$ может быть получена аппроксимацией значений (I), полученных для ряда моментов t в исследуемом интервале времени $a \le t \le b$.

2.II. Определяется показатель эффективности функционирования для идеальной системы МН в интервале времени $[a,b]$

$$\varphi_0^j[a,b] = \int_a^b \Phi_0^j(t)\, dW^j t \qquad (6)$$

В случае $\Phi_0^j(t) = \Phi_0^j, \quad a \le t \le b$

$$\varphi_0^j[a,b] = \Phi_0^j \int_a^b dW^j t = \Phi_0^j(b-a) \qquad (7)$$

при $W^j = 1$

2.I2. Определяется интервальный показатель надежности системы МН в исследуемом интервале

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

2.I3. Мгновенным показателем надежности системы МН является вектор $\bar{R}(t)$, компонентами которого являются мгновенные показатели надежности по каждой задаче

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

Здесь M - количество задач, решаемых системой МН.

2.I4. Интервальным показателем надежности системы МН является вектор $\bar{r}[a,b]$, компонентами которого являются интервальные показатели надежности по каждой задаче

$$\bar{r}[a,b]=\begin{vmatrix} r^1[a,b] \\ \vdots \\ r^j[a,b] \\ \vdots \\ r^M[a,b] \end{vmatrix} \qquad (I0)$$

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.I5. Числовые показатели надежности системы МН определяются по формулам

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

$$r[a,\beta] = \frac{\sum_{j=1}^{M} C_j r^j[a,\beta]}{\sum_{j=1}^{M} C_j} \qquad (I2)$$

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.I5.I. 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.

Приложение I

ПОЯСНЕНИЕ К ОСНОВНЫМ ТЕРМИНАМ И ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

П.I.I. Характеристика качества функционирования φ_t есть количественная мера результатов функционирсвания 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.I.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.I.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.I.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 $\varphi(t)$ реальной системы МН к показателю качества функционирования $\varphi_0(t)$ 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 ;

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

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

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

$\bar{\tau}_{вn}$ - эквивалентное среднее время восстановления n -ого участка МН;

B_n - объем n -ого резервуарного парка / м^3 /;

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.

Приложение 2

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МН ДЛЯ ЗАДАЧИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ НЕФТИ

Рассмотрим систему некоторого условного МН, состоящего из 3-х участков, показанную на рис.I. Основные характеристики рассматриваемого МН представлены на рисунке. Производительность $q' = 5255$ м^3/час соответствует случаю, когда в состоянии отказа находится одна из станций.

П.2.I. 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 $Q\,[т]$ на определенное расстояние L / км /. Для задачи транспортирования характеристикой качества функционирования МН является величина транспортной работы по перемещению нефти в единицу времени

$$\Phi_t = \sum_{n=1}^{\kappa} q_n(t) l_n \qquad (I3)$$

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

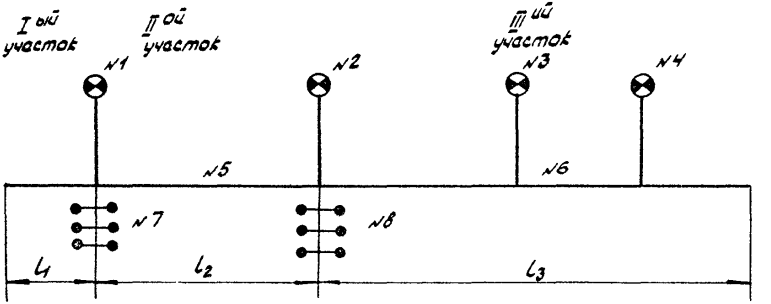


Рис. 1 Схема системы МН

$D_y = 1020$ мм
$\delta = 14$ мм
$l_1 = 10$ км
$l_2 = 151$ км
$l_3 = 284$ км

$B_1 = 150000$ м^3
$B_2 = 100000$ м^3
$q_0 = 7431$ м^3/час
$q_1 = 5255$ м^3/час

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:

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

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 / I0, 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		
	$\underline{\lambda}$	$\lambda_{ср}$	$\bar{\lambda}$	$\underline{\tau_в}$	$\tau_{в ср}$	$\bar{\tau}_в$
Система энергоснабжения	0,00I25	0,0015	0,002	I	3	5
Общестанционные установки, система собственных нужд, автон. защита и т.п.	0,0002	0,00035	0,0005	0,5	I,0	I,5

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

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

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

$\bar{X}_0$ = IIII - все элементы исправны;
$\bar{X}_1$ = OIII - отказала НПС № 2;
$\bar{X}_2$ = IOII - отказала НПС № 3;
$\bar{X}_3$ = IIOI - отказала НПС № 4;
$\bar{X}_4$ = IIIO - отказал линейный участок № 6. (I5)

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} / $\frac{\text{ткм}}{\text{час}}$ /
$\bar{X}_0$	$q_0 l_3$	743I . 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 m 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.

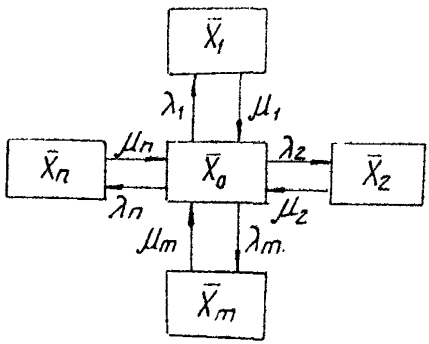


Рис. 2. Схема состояний участка МН.

На рис.2 $\lambda_1=\lambda_2=\lambda_m=\lambda_{нпс}$; $\mu_1=\mu_2=\mu_m=\mu_{нпс}$

$\lambda_n=\lambda_{лч}$; $\mu_n=\mu_{лч}$ – 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:

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

Нормировочное условие

$$P_0(t)+P_1(t)+\ldots+P_m(t)+P_n(t)=1 \qquad (I7)$$

Принимаем, что вероятность пребывания участка системы в состоянии с отказавшей станцией не зависит от номера станции, т.е. $P_1(t)=P_2(t)=\ldots=P_m(t)$. Система дифференциальных уравнений (I6) упрощается

$$\begin{aligned} P_m'(t)&=\lambda_m P_0(t)-\mu_m P_m(t)\\ P_n'(t)&=\lambda_n P_0(t)-\mu_n P_n(t)\\ P_0(t)&+mP_m(t)+P_n(t)=1 \end{aligned} \qquad (I8)$$

Рассмотрим стационарный режим эксплуатации. Необходимое условие стационарности $\mu >> \lambda$ (соблюдается для элементов МН). Достаточное условие стационарности $t \to \infty$. Система дифференциальных уравнений (I8) при $t \to \infty$ превращается в систему алгебраических уравнений.

$$\begin{aligned} \lambda_m P_0-\mu_m P_m&=0\\ \lambda_n P_0-\mu_n P_n&=0\\ P_0+mP_m+P_n&=0 \end{aligned} \qquad (I9)$$

Решаем данную систему

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

$$P_m=\frac{P_0\,\lambda_m}{\mu_m} \qquad (2I)$$

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

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;

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

Для третьего участка уравнения (20,2I,22) имеют вид

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

$$P_{нпс} = \frac{P_o \lambda_{нпс}}{\mu_{нпс}} \qquad (24)$$

$$P_{лч} = \frac{P_o \lambda_{лч}}{\mu_{лч}} \qquad (25)$$

В соответствии с исследованиями, проведенными в институте ВНИИСПТнефть, значения параметра потока отказов λ / I/час . I00 км / в зависимости от диаметра трубы Дн и от толщины стенки б, могут быть приняты согласно данным таблицы 3.

Таблица 3

Параметры потока отказов линейной части МН

б	Дн, /мм/			
	720	820	I020	I220
	I	2	3	4
8	$3 \cdot I0^{-5}$			
8,5	$2{,}82 \cdot I0^{-5}$			
9	$2{,}66 \cdot I0^{-5}$	$3{,}8I \cdot I0^{-5}$		
9,5	$2{,}52 \cdot I0^{-5}$	$3{,}60 \cdot I0^{-5}$		

Продолжение табл.3

I	2	3	4	5
I0	$2{,}4 \cdot I0^{-5}$	$3{,}42 \cdot I0^{-5}$		
I0,5		$3{,}26 \cdot I0^{-5}$		
II		$3{,}I2 \cdot I0^{-5}$	$4{,}7 \cdot I0^{-5}$	
II,5			$4{,}5 \cdot I0^{-5}$	
I2			$4{,}32 \cdot I0^{-5}$	
I2,5			$4{,}I2 \cdot I0^{-5}$	$5{,}6 \cdot I0^{-5}$
I3			$3{,}98 \cdot I0^{-5}$	$5{,}39 \cdot I0^{-5}$
I4			$3{,}7 \cdot I0^{-5}$	$5{,}00 \cdot I0^{-5}$
I4,5				$4{,}83 \cdot I0^{-5}$
I5				$4{,}67 \cdot I0^{-5}$
I5,2				$4{,}58 \cdot I0^{-5}$

Независимо от категорийности участка, толщины стенки и свойств стали $\tau_{в.л.ч}$ определяют по формуле

$$\tau_{в.л.ч} = I2{,}2 + 0{,}0395\ Дн \quad /час/ав\ /, \qquad (26)$$

где Дн подставляют в мм $529 \leq Дн \leq I220$

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

Для третьего участка $\lambda^{III}_{л.ч} = \lambda^{III}_{2в.ч} = 0{,}000I42^{I}/час$,

$\tau^{III}_{в.т.ч} = 50$ час; $\mu^{III}_{л.ч} = 0{,}02^{I}/час$.

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

$$P^{III}_0 = 0{,}9712; \quad P^{III}_1 = 0{,}00728; \quad P^{III}_2 = 0{,}00689$$

П.2.7. Определяем показатель качества функционирования для третьего участка

$$\Phi^{III}(t)=M\Phi_t^{III}=\sum_{i=0}^{4}P_i^{III}(t)[\Phi_t^{III}]_i=\sum_{i=0}^{4}P_i^{III}\Phi_i^{III}=$$

$$=0,9712.7431.284+3.0,00728.5225.284=7331,1012.284\ /\ \frac{\text{ткм}}{\text{час}}\ /$$

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

$$\Phi_o^{III}(t)=\Phi_o=7431\ .\ 284\ /\ \frac{\text{ткм}}{\text{час}}\ /$$

П.2.9. Определяем мгновенный показатель надежности третьего участка

$$R^{III}(t)=\frac{\Phi^{III}(t)}{\Phi_o^{III}(t)}=\frac{7331,1012\ .\ 284}{7431\ .\ 284}=0,9865$$

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

По формулам (I,2,3,4,20,2I,22,26) определяем показатели надежности $R^{I}(t), R^{II}(t)$ каждого участка

$$R^{I}(t)=0,9997 \qquad R^{II}(t)=0,9888$$

П.2.I0. Определяем показатель эффективности функционирования.

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

$$\Phi(t)=\Phi=const$$

Получаем показатель эффективности $\varphi[a,b]$ в интервале времени $a\le t\le b$ 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

$$\varphi^{\bar{\Pi}}[a,b] = 733I,I0I2 \cdot 284 \ (b-a)$$

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 / там/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 потравы 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.II. Определяем показатель эффективности функционирования для третьего участка идеальной системы МН.

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

П.2.I2. Определяем интервальный показатель надежности для третьего участка.

$$r[a,b] = \frac{\varphi[a,b]}{\varphi_o[a,b]} = \frac{\phi(b-a)}{q_o L (b-a)} = \frac{\phi}{q_o L} = R(t) \qquad (28)$$

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

П.2.I3. Определение показателей надежности системы МН в целом с учетом компенсирующей роли РП, произведем согласно методу, изложенному в работах / IC, II /.

Показатели надежности отдельных участков $R_1, R_2 \ldots, R_K$, $r_1, r_2, \ldots, r_K$ представляют в виде эквивалентных характеристик надежности $\tilde{\lambda}_1, \tilde{\lambda}_2, \ldots, \tilde{\lambda}_K, \tilde{\tau}_{в}, \tilde{\tau}_{в2}, \ldots \tilde{\tau}_{вK}$, которые определяются по формулам / I2 /

$$\tilde{\tau}_{вп} = \frac{1}{\tilde{\mu}_п} = \frac{\lambda_{лчп}}{\lambda_{\Sigma_п}} \tau_{лчп} + \frac{\lambda_{нпс}}{\lambda_{\Sigma_п}} \tau_{нпс} + \ldots + \qquad (29)$$

$$\tilde{\lambda}_п = \frac{(1-R_п)\tilde{\mu}_п}{R_п} \qquad (30)$$

$$\lambda_{\Sigma_п} = \lambda_{лчп} + \lambda_{нпс} + \ldots$$

Для рассматриваемой системы МН эквивалентные характеристики надежности участков

$\tilde{\lambda}_3 = 0{,}00437^{I}$/час $\qquad \tilde{\lambda}_2 = 0{,}0016^{I}$/час

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

$\tilde{\mu}_3 = 0{,}32^{I}$/час $\qquad \tilde{\mu}_2 = 0{,}14^{I}$/час $\qquad \tilde{\mu}_1 = 0{,}02^{I}$/час

П.2.I4. Показатель надежности системы МН, состоящей из K участков и $(K-I)$ РП, определяют по формуле / II /

$$R = 1 - [(1-R_K) + \Psi_{K-1,K}(1-R_{K-1})] \qquad (3I)$$

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

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

$$\begin{cases} a_n \tilde{\lambda}_n = \tilde{\lambda}_n + a_{n-1}\tilde{\lambda}_{n-1}\,\gamma\tilde{\mu}\nu_{n-1}\left[\dfrac{b_n\tilde{\lambda}_n}{a_{n-1}\tilde{\lambda}_{n+1}}\right] (n=2,3,\ldots,K) \\ b_n\tilde{\lambda}_n = \tilde{\lambda}_n + b_{n-1}\tilde{\lambda}_{n+1}\,\gamma\tilde{\mu}\nu_n\left[\dfrac{a_n\tilde{\lambda}_n}{b_{n+1}\tilde{\lambda}_{n+1}}\right] (n=1,2,\ldots K-1) \end{cases} \qquad (32)$$

здесь

$$\gamma\tilde{\mu}\nu_n(\gamma) = \begin{cases} \dfrac{\gamma-1}{\gamma\exp\left\{\tilde{\mu}\nu_n\dfrac{\gamma-1}{\gamma+1}\right\}-1} & \text{при } \gamma \neq 1 \\ \dfrac{1}{1+\dfrac{\tilde{\mu}\nu_n}{2}} & \text{при } \gamma = 1 \end{cases} \qquad (33)$$

$\nu_n = \dfrac{Q_n}{q_n}$ - время выработки n -ого РП в часах.

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

Для рассматриваемого МН имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} a_2 \cdot 0{,}0016 = 0{,}0016 + a_1 \cdot 0{,}000005\, \Psi_{\widetilde{\mu}_1 V_1}\left(\dfrac{b_2 \cdot 0{,}0016}{a_1 \cdot 0{,}000005}\right) \\ b_2 \cdot 0{,}0016 = 0{,}0016 + b_3 \cdot 0{,}00437\, \Psi_{\widetilde{\mu}_2 V_2}\left(\dfrac{a_2 \cdot 0{,}0016}{b_3 \cdot 0{,}00437}\right) \end{cases} \quad (34)$$

Систему (34) решают следующим образом.

Принимают $a_2 = b_3 = 1$ и подставляют во второе уравнение системы (34)

$$0{,}0016\, B_2 = 0{,}0016 + 0{,}00437 \cdot \Psi_{\widetilde{\mu}_2 V_2}(0{,}366) \quad (35)$$

$V_2 = 13$ / час / $\qquad \widetilde{\mu}_2 V_2 = 1.82$

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

$= 3{,}0545$

Значение $b_2 = 3{,}0545$ подставляют в первое уравнение системы (34) и определяют a_2

$V_1 = 20$ /час/ $\qquad \widetilde{\mu}_1 V_1 = 0{,}4$

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

$$= 1 + 0{,}0031\, \Psi_{0{,}4}(977{,}44) = 1 + 0{,}0031 \frac{977{,}44 - 1}{977{,}44 \cdot \exp\left\{0{,}4 \frac{977{,}44-1}{977{,}44+1}\right\} - 1}$$

$= 1{,}0021$

Получив величины a_2 и b_3, определяют $\Psi_{2,3} = \Psi_{\kappa-1,\kappa}$

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

Показатель надежности системы МН

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

Приложение 3

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 программе:

при вводе

Индентификаторы переменных и массивов	Размерность	Условные обозначения параметров
c		K
э		номер участка с головной станцией
$л_0$	1/час	$\lambda_{нпс}$
$м_0$	1/час	$\mu_{нпс}$
$л_1$	1/час 100км	$\lambda_{лч i}$, $i=1,\ldots,K$
$м_1$	1/час	$\mu_{лч i}$, $i=1,\ldots,K$
m_0		$m_0=0$
m_1		m_i, $i=1,\ldots,K$
x_0	$м^3$/час	Φ_0
l_0	$м^3$/час	Φ_1
x_1	км	L_i, $i=1,K$
l_1	час	V_i, $i=1,K$

при выводе

ч			R_K
у			R_{K-1}
б			$\Psi_{K-1,K}$
m_1 1-с			R
x_1 1-с		дни	A

```
i=10 л м х т
i=9 t
1 Введем с э
2 допустим к=с  i=0
3 Введем лj  mj  mj
4 Введем xj  tj
5 Заменим i=i+1
6 если i-к<0 идти к 3
7 Введем лк  мк  mк  xк
8 допустим i=1  j=3
9 Вычислим e=1/(1+mj ло/мо+лj xj/100mj)
10 если i-j≠0 идти к 13
11 Вычислим ч=e(1+(mj-1)лоtо/мохо)
12 идти к 14
13 Вычислим ч=e(1+mj лоtо/мохо)
14 Вычислим u=mj ло+лj xj/100  э=лj xj/100uмj+mj ло/uмо
15 Вычислим мj=1/э  лj=(1-ч)mj/ч
16 Заменим i=i+1
17 если i-к≠0 идти к 19
18 допустим y=ч
19 если i-к≤0 идти к 9
20 если к-2≥0 идти к 65
21 допустим i=1
22 допустим xj=1  mj=1
23 Заменим i=i+1
24 если i-к<0 идти к 22
25 допустим i=2
26 допустим к=1
27 Заменим к=к-1
28 Вычислим э=mк лj/xк лк  e=мкtк
29 Вычислим δ=(э-1)/(э( exp(e(э-1)/(э+1)))-1)
           xj=1+xк лк δ/лj
30 Заменим к=к+2
31 Вычислим э=xj лj/mj лк  e=mjtj
32 Вычислим δ  u=1+mj лк δ/лj
33 Заменим i=i-1
34 допустим mj=u
35 Заменим i=i+2
36 допустим к=с
37 если i-к<0 идти к 26
38 Заменим к=к-1
39 допустим i=к
40 Вычислим u=xк
41 допустим к=1
42 Заменим к=к-1
43 Вычислим э=mк лj/xк лк  e=мкtк
44 Вычислим δ  xj=1+xк лк δ/лj
45 допустим к=с
46 Заменим к=к-1
47 если i-к≠0 идти к 51
48 Вычислим u=u-xк
49 допустим u=|u|
50 если u-0.00001<0 идти к 60
51 Вычислим э=1/э  δ
52 допустим к=1
53 Заменим к=к-1
54 Вычислим u=1+mк лj δ/лк
```

```
55 вставим i=i-2
56 допустим m1=u
57 вставим i=i+1
58 если i-3>0 идти к 41
59 идти к 25
60 допустим i=c
61 вычислим э=xклк/л1   o=mкlк
62 вычислим δ
63 вычислим m1=1-(1-ч)-δ(1-y)   x1=365(1-m1)
64 идти к 69
65 вычислим э=л2m1/л1m2   o=l1(л1m2+л2m1)/(л1+л2)
66 если э-1≠0 идти к 62
67 вычислим u=2/(2+o)   m1=1-(1-ч)-u(1-y)
68 вычислим x1=365(1-m1)
69 печатаем с 7 знаками x1   m1   δ   y   ч
70 идти к 1
71 кончаем
исполнил 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
x3= 10.0201402      m3= 0.9725475      δ= 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 даются 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 $\tilde{\mu}_1 = \tilde{\mu}_2 = \tilde{\mu}$ при $\tilde{\lambda}_1 / \tilde{\lambda}_2 = 0 \div 4$ для $V = 5 \div 25$ / час /

Значения определяются из графиков по известным $\tilde{\lambda}_1, \tilde{\lambda}_2, \tilde{\mu}, V$

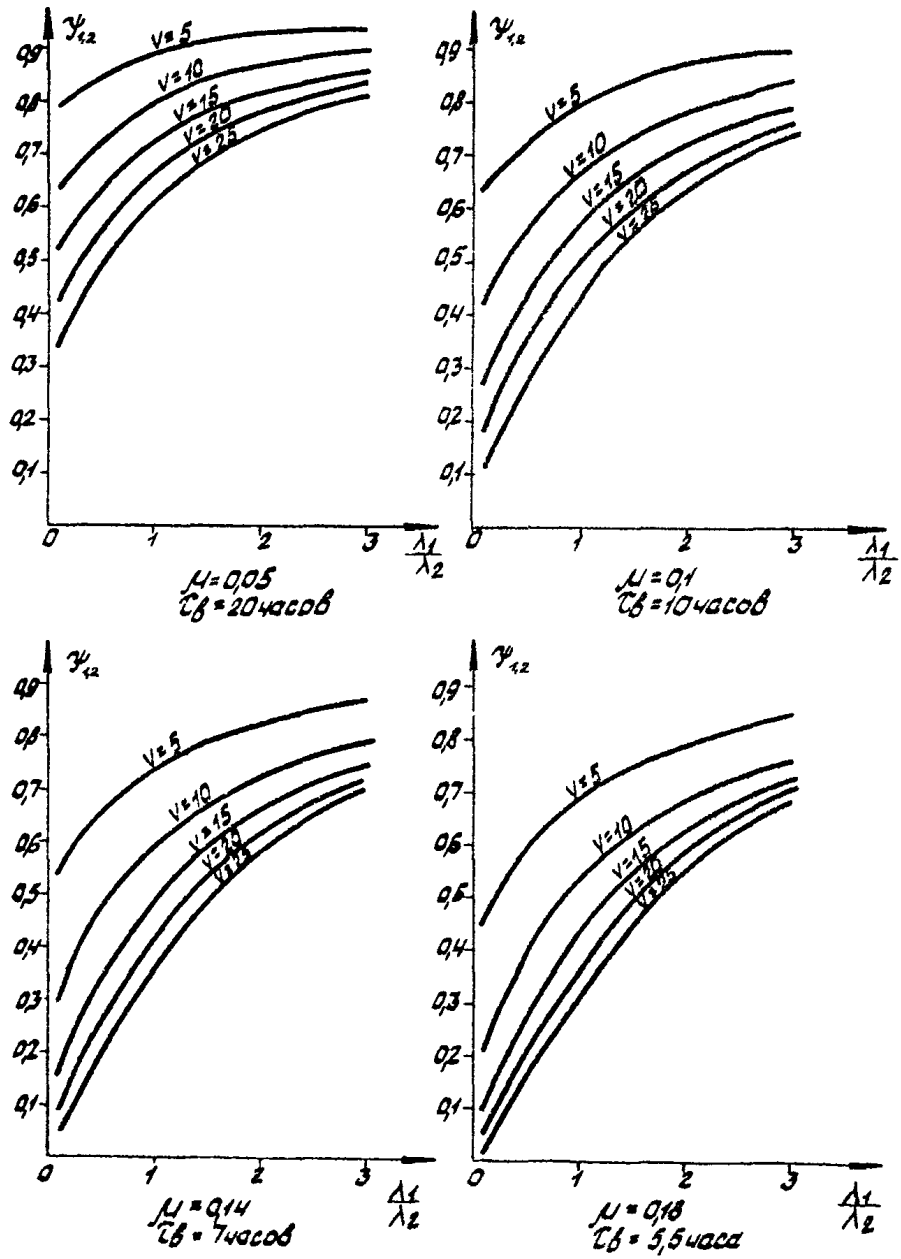


Рис. 3. Зависимость $\psi_{1,2}$ от λ_1/λ_2 для $n = 2$

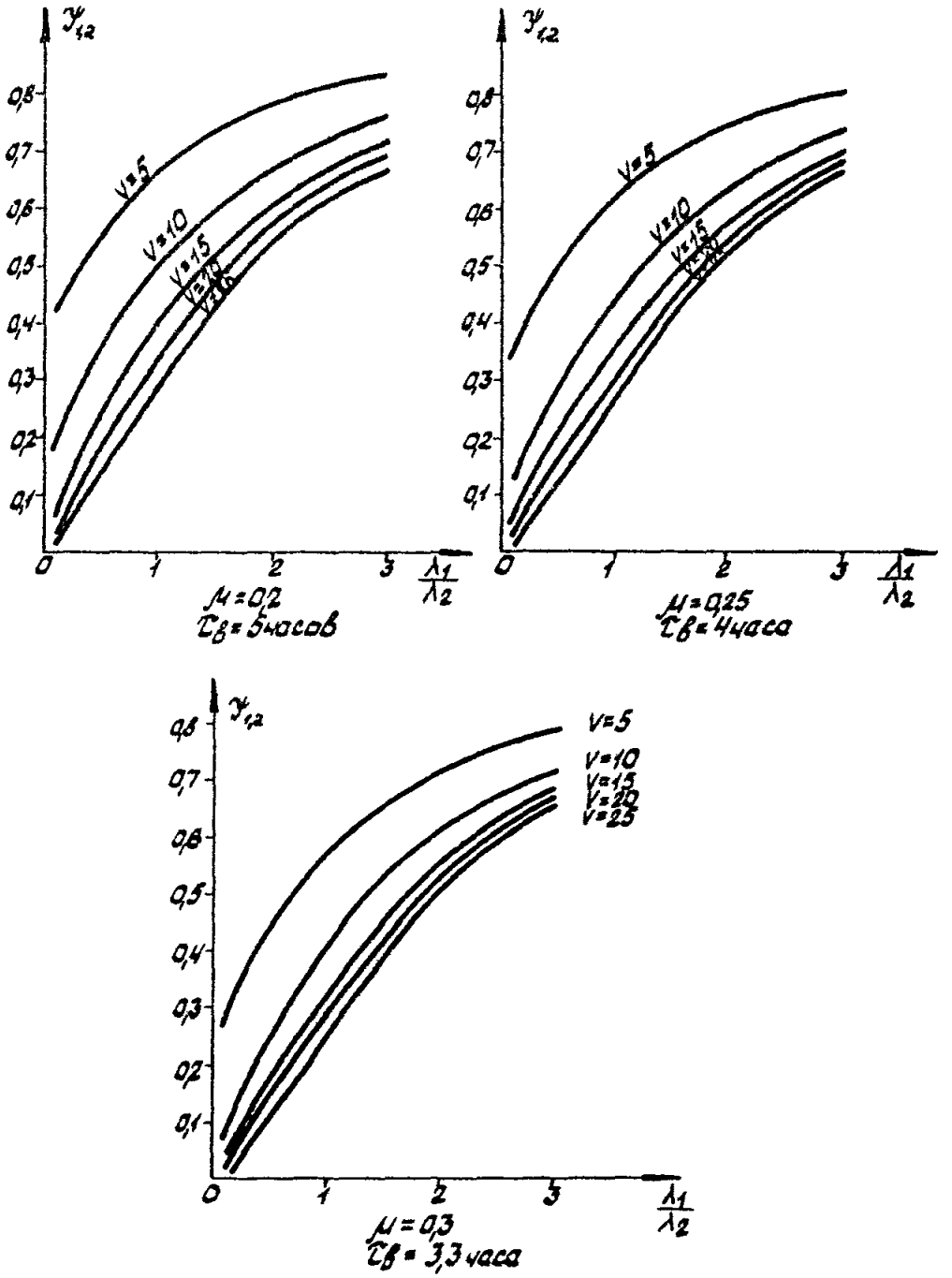


Рис. 4. Зависимость $\psi_{1,2}$ от λ_1/λ_2 для $n = 2$

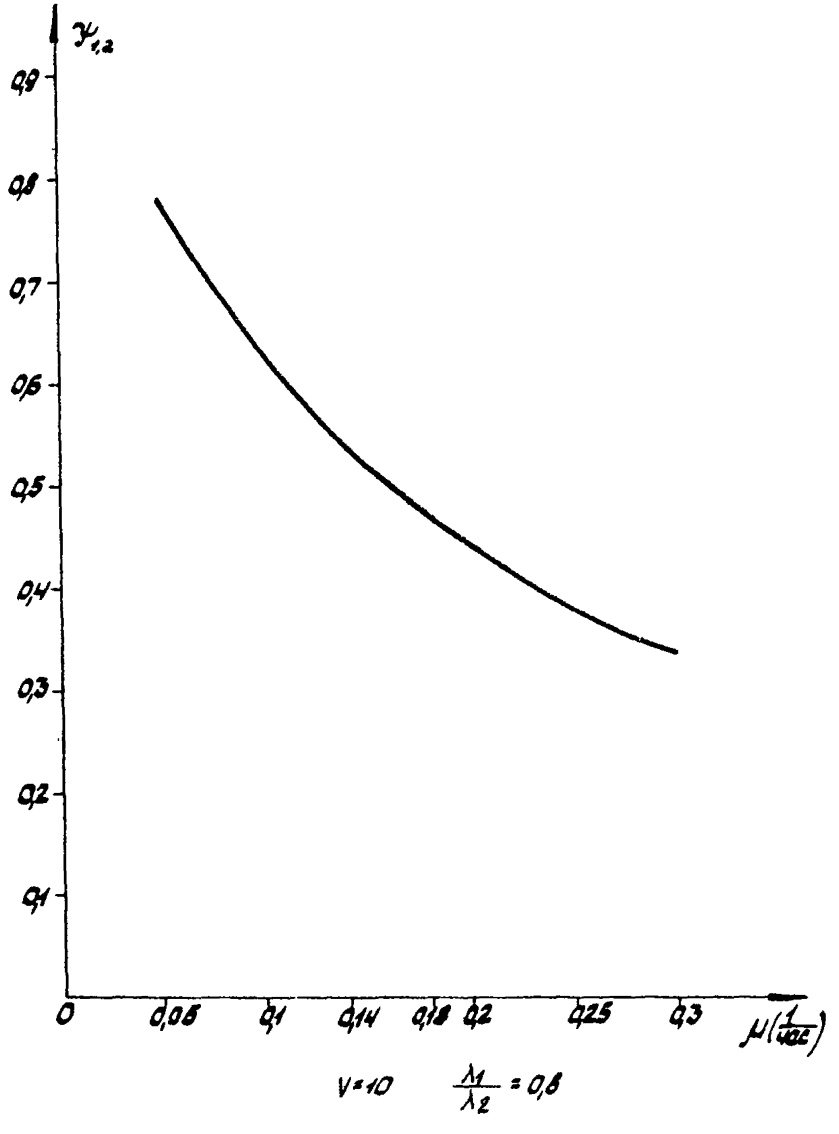


Рис. 5. Зависимость $\psi_{1,2}$ от μ для $n = 2$ при $\lambda_1/\lambda_2 = const$.

Приложение 5

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

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПРОГРАММЕ

П.5.I. Введение

Программа разработана на алгоритмическом языке "Фортран IУ" для ЭВМ ЕС-I020.

П.5.2. Паспорт программы

П.5.2.I. Программа относится к классу рабочих программ, 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-60I2);
- 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 АЦПУ 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 – I 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	n	I5
2	I – I2	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 – I0	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 κ			
4	I – I2	λ_{21}	F I2.8.
	I3 – 24	λ_{22}	F I2.8
	–	–	–

I	2	3	4
	40 - 50	λ_{25}	F I2.8
по 5	λ_{2n}		
5	I - I2	μ_{21}	F I2.8
	-	-	-
	40 - 50	μ_{25}	F I2.8
6	I - I2	V_1	F I2.6
	-	-	-
	40 - 50	V_2	F I2.6
по 5	V_K		
7	I - 5	m_1	I 5
	6 - I0	m_2	I 5
	-	-	-
	40 - 50	m_{10}	I 5

Примечание: I. Количество значений на ПК $l_n, \lambda_{2n}, \mu_{2n}, V_n, m_n$ 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 I0 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 11 .

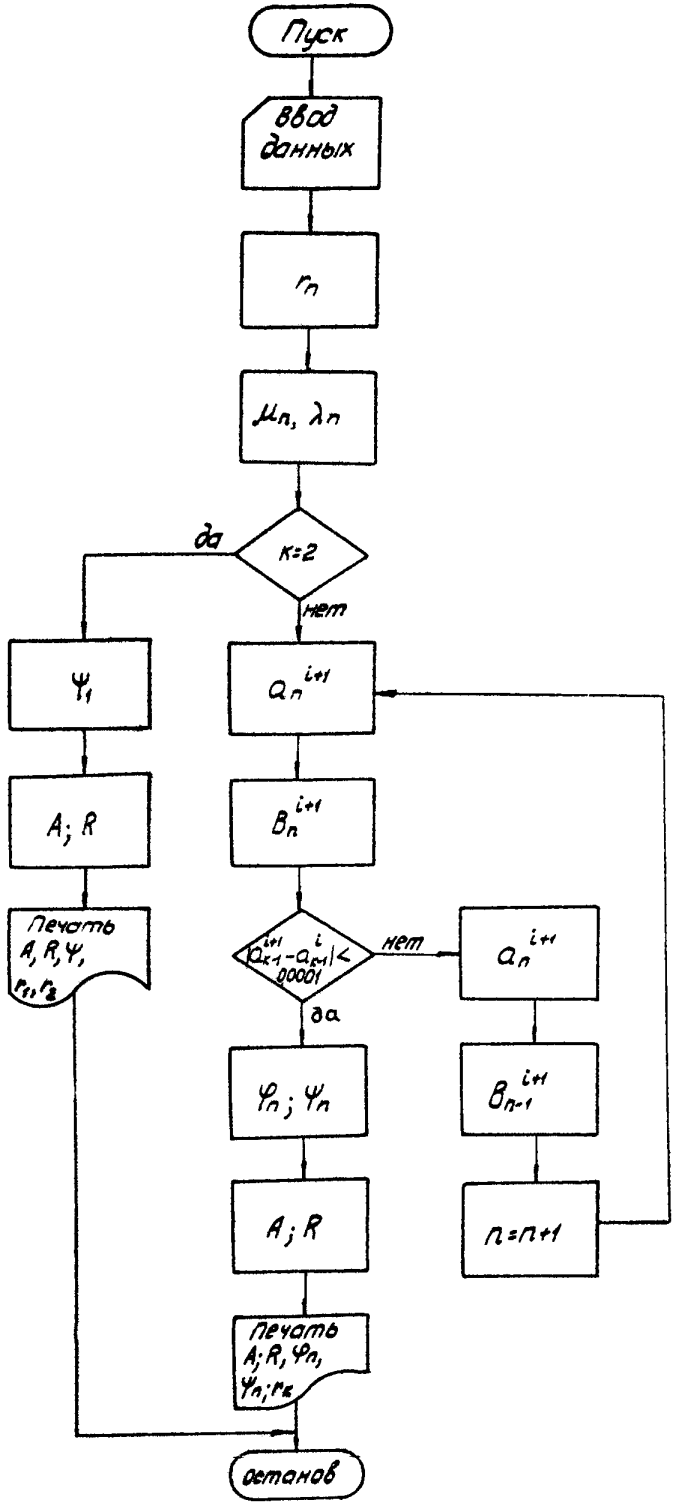
Приложение 6

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	час	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	I/час	ALA1	
μ_1	I/час	AM1I	
λ_{2n}	I/час.IOOкм	ALA[20]	
μ_{2n}	I/час	AM2[20]	
Φ_0	м^3/час	PR01	
Φ_1	м^3/час	PR02	
θ		TET	
ρ_n		PJ	
τ_n		TAU	
μ_n		AM[20]	
λ_n		AL[20]	
A	дней	A	
R		R	показатель надежности системы

Приложение 7

БЛОК - СХЕМА ПРОГРАММЫ


Пуск
ввод данных
r_n
μ_n, λ_n
да
$K=2$
нет
Ψ_1
$A; R$
Печать A, R, Ψ, r_1, r_2
a_n^{i+1}
B_n^{i+1}
$|a_{K-1}^{i+1} - a_{K-1}^{i}| < 0{,}0001$
нет
да
a_n^{i+1}
B_{n-1}^{i+1}
$n=n+1$
$\varphi_n; \Psi_n$
$A; R$
Печать $A; R, \varphi_n, \Psi_n; r_2$
останов

Приложение 8

```
// JOB POLYT                                                    DATE 19/10/78
// OPTION LINK
// EXEC FFORTRAN

 DOS/ES FORTRAN IV V,M 1,3

   OPTIONS IN EFFECT
   -----------------

   LOAD   =4

   DECK   NO

   LIST   YES

   LISTX  NO

   EBCDIC
 DOS/ES FORTRAN IV V,M 1,3              MAINPGM          DATE   19/10/78     TIME    00,00,00      PAGE 0001
```

РАСПЕЧАТКА ПРОГРАММЫ

```
              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),DLI(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(I5/2F12.5,2F12.6)
 0007               NI=N-1
 0008               READ(1,20)(DLI(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)*DLI(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=0.00000001
 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
```

```
C     ********************
C     N БОЛЬШЕ 2
C     ********************
   15 DO 8 I=1,NI
    8 A1(I)=1.
      DO 9 I=2,N
    9 B1(I)=1.
      U=A1(N-1)
    3 DO 40 I=2,NI
      A11(1)=A1(1)
      J=I-1
      GER=B1(I)*AL(I)/(A11(J)*AL(J))
      TET=AM(J)*V(J)
      YQ=YQ1(GER,TET)
      A11(I)=1.+A11(J)*YQ*AL(J)/AL(I)
      TET=AM(I)*V(I)
      J1=I+1
```



```
      GER=A11(I)*AL(I)/(B1(J1)*AL(J1))
      YQ=YQ1(GER,TET)
      B11(I)=1.+B1(J1)*AL(J1)*YQ/AL(I)
   40 CONTINUE
      Z1R=A11(N-1)-U
      IF(ABS(Z1R).LT.0.00001) GO TO 41
      I=N-1
    2 J=I-1
      TET=AM(J)*V(J)
      GER=B11(I)*AL(I)/(A11(J)*AL(J))
      YQ=YQ1(GER,TET)
      A11(I)=1.+A11(J)*AL(J)*YQ/AL(I)
      GER=A11(J)*AL(J)/(B11(I)*AL(I))
      YQ=YQ1(GER,TET)
      B11(J)=1.+B11(I)*AL(I)*YQ/AL(J)
      B1(J)=B11(J)
      B1(N-1)=B11(N-1)
      I=I-1
      IF(I.GE.3) GO TO 2
      U=A11(N-1)
      GO TO 3
   41 DO 43 I=1,NI
      B11(N)=B1(N)
      GER=A11(I)*AL(I)/(B11(I+1)*AL(I+1))
      RO=1./GER
      TET=AM(I)*V(I)
      PCI(I)=YQ1(GER,TET)
      I1=I+1
   43 FI(I1)=YQ1(RO,TET)
      R=1.-(1.-R1(N))-PCI(N-1)*(1.-R1(NI))
      A=365.*((1.-R1(N))+PCI(NI)*(1-R1(NI)))
   17 WRITE (3,500)N,PRO1,PRO2,ALA1,AM1
  500 FORMAT (51X,'ВХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ'/
     125X,'КОЛИЧЕСТВО УЧАСТКОВ N='I5.
     25X,'Ф1=',F12.6,5X,'Ф0=',F12.6/
     338X,'ЛЯМБДА 1=',F12.5,5X,'МЮ 1=',F12.5)
      WRITE (3,501)
  501 FORMAT (/17X,86(1H=)/17X,1H:,2X,'НОМЕР',2X,1H:,
     13X,'ЛЯМБДА 2',3X,1H:,5X,'МЮ 2',5X,1H:,
     26X,'L',7X,1H:,6X,'M',7X,1H:,6X,'V',7X,1H:/
     317X,1H:,1X,'УЧАСТКА',1X,1H:,
     45(14X,1H:)/
     517X,86(1H=))
      DO 504 I=1,NI
      WRITE (3,502)I,ALA(I),AM2(I),DLI(I),M(I),V(I)
  502 FORMAT (17X,1H:,2X,I5,2X,1H:,1X,F12.8,1X,1H:,
     11X,F12.8,1X,1H:,2X,F10.2,2X,1H:,4X,I6,4X,1H:,
     21X,F12.6,1X,1H:)
  504 CONTINUE
      WRITE (3,503)N,ALA(N),AM2(N),DLI(N),M(N)
  503 FORMAT(17X,1H:,2X,I5,2X,1H:,1X,F12.8,1X,1H:,
     11X,F12.8,1X,1H:,2X,F10.2,2X,1H:,4X,I6,4X,1H:,14X,1H:/
     217X,86(1H=)//40X,'РЕЗУЛЬТАТЫ')
      WRITE (3,505)
```

```
 0100          505 FORMAT (/17X,56(1H=)/17X,1H:,2X,'НОМЕР',2X,1H:,
                   10X,'R1',6X,1H:,5X,'PCI',6X,1H:,6X,'FI',6X,1H:/
                   217X,1H:,1X,'УЧАСТКА',1X,1H:,
                   33(14X,1H:)/
                   417X,56(1H=))
 0101                WRITE (3,510)R1(1),PCI(I)
 0102          510 FORMAT (17X,1H:,6X,'1',2X,1H:,1X,F12.5,1X,1H:,
                   11X,F12.7,1X,1H:,14X,1H:)
 0103                IF (N.EQ.2) GOTO 511
 0104                DO 507 I=2,NI
DOS/ES FORTRAN IV Y.M 1.3              MAINPGM          DATE   19/10/78    TIME     00.00.00      PAGE 0003

 0105                WRITE (3,506)I,R1(I),PCI(I),FI(I)
 0106          506 FORMAT (17X,1H:,2X,I5,2X,1H:,1X,F12.5,1X,1H:,
                  18(1X,F12.7,1X,1H:))
 0107          507 CONTINUE
 0108                WRITE (3,508)N,R1(N),FI(N)
 0109          508 FORMAT (17X,1H:,2X,I5,2X,1H:,1X,F12.5,1X,1H:,
                   114X,1H:,1X,F12.7,1X,1H:/17X,56(1H=))
 0110                IF (N.GT.2) GOTO 513
 0111          511 WRITE (3,512) N,R1(N)
 0112          512 FORMAT (17X,1H:,2X,I5,2X,1H:,1X,F12.5,1X,1H:,
                  12(14X,1H:)/17X,56(1H=))
 0113          513 WRITE (3,509)R,A
 0114          509 FORMAT (28X,'R=',F12.7,5X,'A=',F12.7)
 0115                STOP
 0116                END
DOS/ES FORTRAN IV Y.M 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	PR01	150	PR02	140
NI	144	K	148	I	140	J	150	Y2	154
Y1	158	Y2	15C	PJ	160	Y3	164	Y4	168
TAY	16C	GER	170	TET1	174	TET	178	E	170
E1	180	E2	184	R	188	A	18C	D	190
YG	194	J1	198	Z1R	19C	R0	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	358	PCI	388	AL	3D8	AM	428	Y	478
M	408	DL1	518	AM2	568	ALA	5B8		

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
50	65F	20	65F	23	666	51	66D	22	673
500	67A	501	6E0	502	762	503	7A3	505	7F8
510	860	506	88A	508	8B1	512	BE3	509	90E

Приложение 9

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕШЕНИЯ КОНТРОЛЬНОГО ПРИМЕРА

```
* UNREFERENCED SYMBOLS
// EXEC
```

ВХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

КОЛИЧЕСТВО УЧАСТКОВ N= 4 ф1= 330.212646 ф0= 466.920898
ЛЯМБДА 1= 0.00228 МЮ 1= 0.200000

НОМЕР УЧАСТКА	ЛЯМБДА 2	МЮ 2	L	M	Y
1	0.00002358	0.03017900	46.00	1	21.416885
2	0.00002358	0.03017900	64.00	1	21.416885
3	0.00002358	0.03017900	50.00	1	21.416885
4	0.00002358	0.03017900	54.00	1	

РЕЗУЛЬТАТЫ

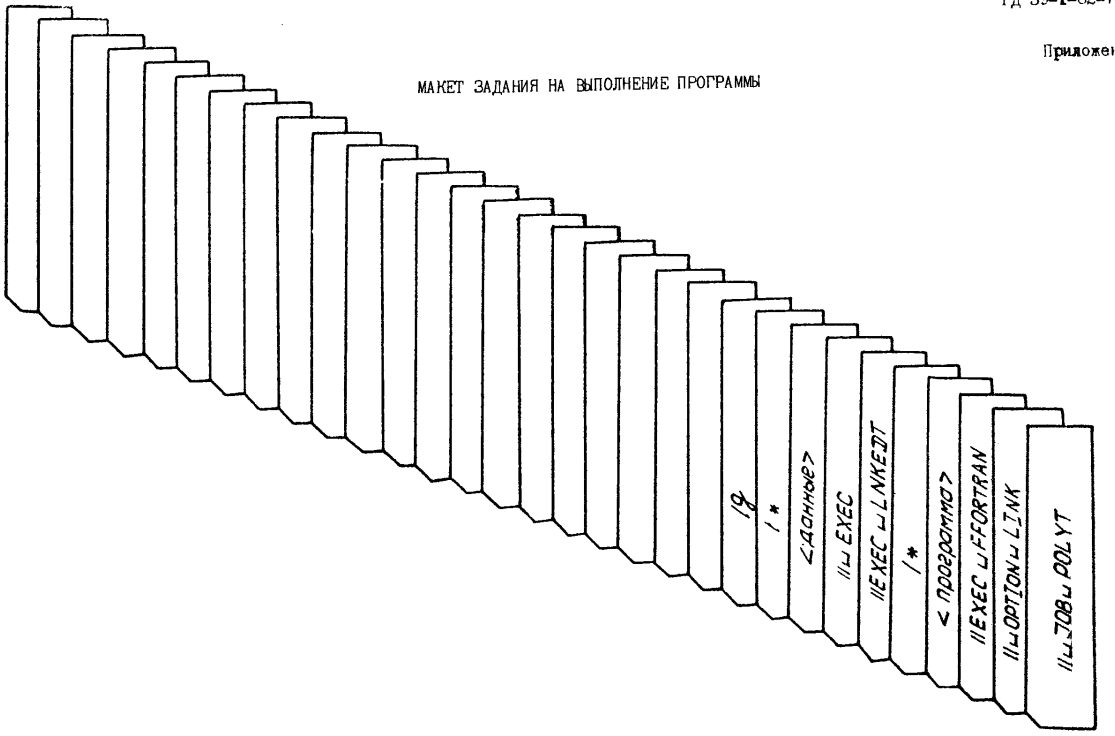
НОМЕР УЧАСТКА	R1	PC1	F1
1	0.98877	0.0923780	
2	0.99632	0.0904660	0.6802245
3	0.99643	0.0812556	0.6909626
4	0.99640		0.7111191

R= 0.9961109 A= 1.4195261

```
EOJ POLYT
```

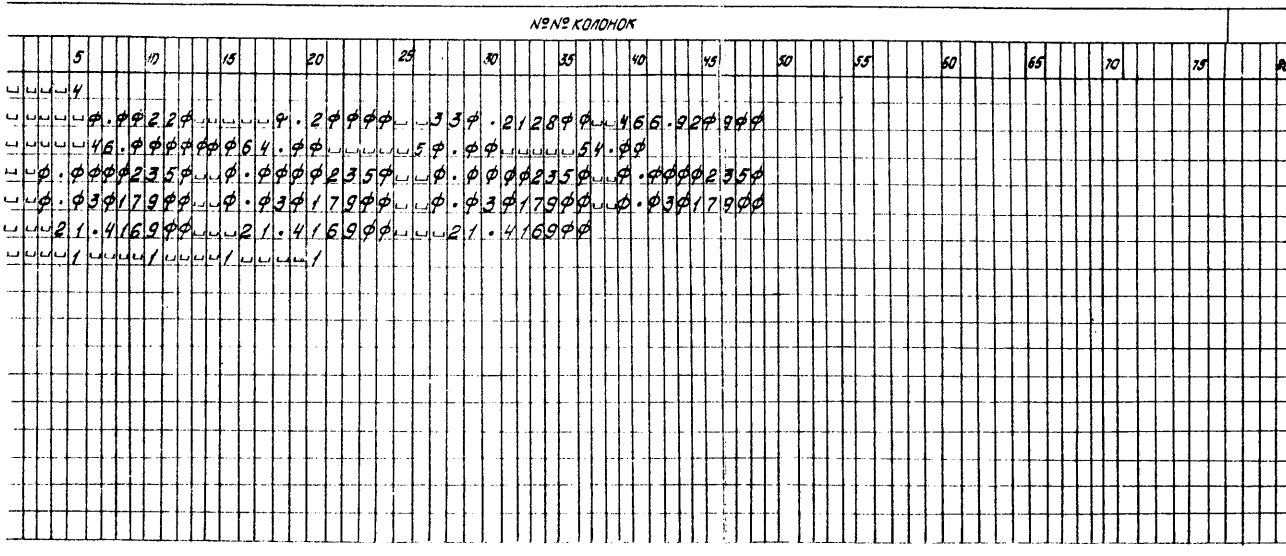
Приложение I0

МАКЕТ ЗАДАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ



Приложение II

ПРИМЕР ПЕРФОРАЦИИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

I. Методика выбора показателей для оценки надежности сложных технических систем, ВНИИС, М., I970.

2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем.М.,I968.

3. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы теории надежности. М., I965.

4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М., I969.

5. Ушаков И.А. Эффективность функционирования сложных технических систем. В сб. о надежности сложных технических систем. М., I966.

6. Тараканов К.В., Овчаров Л.А., Тырышкин А.Н. Аналитические методы исследования систем. М., I974.

7. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. М., I973.

8. Обслуживание нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов. М., ВНИИОЭНГ, I974.

9. Севастьянов Б.А. Задача о влиянии емкости бункеров на среднее время простоя автоматической линии станков. "Теория вероятностей и ее применения", I962, т.УП, вып.4.

I0. Райкин А.Л. Элементы теории надежности для проектирования технических систем. М., I967.

II. Ушаков И.Н. Инженерные методы расчета надежности. М., I970, вып. I - 4.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

I. Общие положения 3

2. Порядок определения показателей надежности магистрального нефтепровода, рассматриваемого в целом 5

Приложение I. Пояснение к основным терминам и принятые обозначения 10

Приложение 2. Пример расчета показателей надежности МН для задачи транспортирования нефти 12

Приложение 3. Программа для ЭВМ "Наири" для определения показателей надежности магистрального нефтепровода 26

Приложение 4. (справочное) Зависимость коэффициента $\Psi_{1,2}$ от объема резервуарного парка 29

Приложение 5. Рабочая программа по расчету показателей надежности магистрального нефтепровода для ЭВМ ЕС-I020 33

Приложение 6. Таблица идентификаторов 37

Приложение 7. Блок-схема программы 38

Приложение 8. Распечатка программы 40

Приложение 9. Результаты решения контрольного примера 43

Приложение IO. Макет задания на выполнение программы 45

Приложение II. Пример перфорации исходных данных 46

Список литературы 47

М Е Т О Д И К А

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

РД 39-I-62-78

Издание ВНИИСПТнефти

Редактор Л.Д.Чернышева

Подписано к печати 29.II.78. П03674
Формат 60х90 I/I6. Уч.-изд.л. 2.3. Тираж 200
Цена 11 коп. Заказ 204

Ротапринт ВНИИСПТнефти

gost.e-ecolog.ru