

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ  
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Всесоюзный научно-исследовательский институт  
по строительству магистральных трубопроводов

**·ВНИИСТ·**

# **РЕКОМЕНДАЦИИ**

ПО МЕТОДИКЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

**Р 501-83**



**МОСКВА 1984**

В настоящих Рекомендациях изложена методика прогнозирования строительства линейной части магистральных трубопроводов, позволяющая выполнять расчеты и определять показатели строительства для различных уровней управления. С помощью приведенных математических моделей можно проводить (вручную и на ЭВМ) оценку вероятностных сроков завершения основных работ в зависимости от концентрации ресурсов (потоков) как по объему в целом, так и по отдельным участкам; выявлять наращивание участков строительства; разрабатывать положения по сокращению сроков проектирования работ.

При разработке Рекомендаций учтены результаты производственного опыта строительства линейной части газопровода Уренгой-Помары-Ужгород.

Рекомендации предназначены для функциональных и производственных подразделений отрасли.

В составлении Рекомендаций принимали участие: д-р техн. наук М.П.Карпенко, канд. техн. наук Р.Д.Габелая, канд. физ.-мат. наук С.В.Стамбуль, инженеры Л.В.Косарева, В.П.Горюновский, И.С.Бардо (ВНИИСТ); канд. техн. наук А.С.Чеккин, инженеры В.А.Толстолугов, В.В.Софронов (ГИВЦ); канд. техн. наук А.П.Тер-Сааков, инж. А.С.Костиков (ЦНИИКС).

Записи и предложения высыпать по адресу: 105058, Москва, Окружной проезд, 19, ВНИИСТ, ООСМ.

Министерство строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности	Рекомендации по методике прогнозирования строительства линейной части магистральных трубопроводов	Р 501-83 Разработаны впервые
--	---	---------------------------------

## I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Рекомендации по методике прогнозирования предназначены для решения задач оперативного управления строительством линейной части магистрального трубопровода с целью определения вероятных сроков завершения основных работ; выявления напряженных участков; разработки предложений по маневрированию ресурсами и сокращению сроков строительства.

1.2. Методика содержит описание математических моделей процесса сооружения магистрального трубопровода и позволяет осуществлять прогнозирование как на уровне отрасли (по объекту в целом), так и на уровне отдельных потоков с любой принятой периодичностью в течение всего срока строительства.

1.3. Методическую основу прогнозирования строительства линейной части магистрального трубопровода составляет статистический анализ недельных производительностей потоков как по объектам-аналогам, так и по оперативным данным управляемого объекта, накопленным к моменту текущего расчета.

Исходными данными для прогнозных расчетов являются:

технико-экономическое обоснование строительства трубопровода и проект организации строительства о геологогеографических, гидрологических и погодно-климатических условиях строительства, а также о конструктивных решениях, объемах и рекомендуемой технологии выполнения работ;

данные климатических справочников, типовые технологические карты, ЕНИРы, ЕНИРы, ВСН, отраслевые нормативные документы;

проект организации работ, директивный график строительства трубопровода, данные о направлениях движения потоков и характеристики трассы;

еженедельная диспетчерская информация о ходе строительства

Внесены ООСМ ВНИИСТА	Утверждены ВНИИСТОМ 30 мая 1983 г.	Срок введения в действие 1 марта 1984 г.
-------------------------	---------------------------------------	---

трубопровода и в первую очередь данные о производительности потоков по основным видам работ;

статистическая информация средних производительностей потоков по объектам-аналогам, построенным в соответствующие календарные периоды и в тех же зонах строительства.

1.4. Исходные данные формируются в соответствии с требованиями "Руководства по методике переработки первичной информации о ходе производственного процесса и подготовки к принятию решений по оперативному управлению строительством линейной части магистральных трубопроводов" (Р 450-82).

## 2. МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРОКОВ ЗАВЕРШЕНИЯ РАБОТ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПО МАНЕВРИРОВАНИЮ РЕСУРСАМИ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЕЙ РАБОТ

2.1. Исходя из директивного срока ввода трубопровода, его протяженности, запланированных концентрации ресурсов (потоков), сроков их передбазировки и развертывания, рассчитывается суммарный временной ресурс потоков для всего объекта в целом

$$t_{\Sigma} = \sum_i t_i ;$$
$$t_i = T_{\Sigma}^{\text{кон}} - T_i^{\text{разбр}} \quad (I)$$

где  $t_{\Sigma}$  - суммарный временной ресурс на строительстве данного объекта, потоко-недели;

$t_i$  - временной ресурс  $i$ -го потока, потоко-недели;

$T_{\Sigma}^{\text{кон}}$  - общий срок (дата) завершения работ на всех участках трубопровода;

$T_i^{\text{разбр}}$  - фактический или реально предполагаемый срок (дата) развертывания  $i$ -го потока на отведенном ему участке трассы.

2.2. На основе обработки накопленных к моменту текущего расчета статистических данных по устойчивым недельным производительностям всех потоков, развернутых на объекте (или имеющихся данных по объектам-аналогам), вычисляется:

оценка математического ожидания недельной производительности потока  $M_p$ :

по одному виду работ (по изоляции и укладке) (2)

$$M_p = \frac{\sum M_i}{\pi} \text{ км/неделя}$$

или с учетом нескольких видов работ (по обобщенному показателю производительности)

$$M_p = \frac{1}{\pi} \sum_i \left( \frac{\sum_k \frac{M_{ik}}{V_{ik}}}{\sum_k \frac{1}{V_{ik}}} \right) \text{ км/неделя} \quad (2a)$$

где  $M_i$  - средняя производительность работ по изоляции и укладке на  $i$ -м участке (потоке), км/неделя;

$\pi$  - количество потоков на объекте;

$M_{ik}$  - средняя производительность  $k$ -го вида работ на  $i$ -м участке (потоке), достигнутая к моменту текущего расчета, км/неделя;

$V_{ik}$  - коэффициент вариации производительности  $k$ -го вида работ на  $i$ -м потоке  $V_{ik} = \frac{\sigma_{ik}}{M_{ik}}$ ,  $\sigma_{ik}$  - стандартное отклонение производительности  $k$ -го вида работ на  $i$ -м участке;

оценка стандартного отклонения производительности  $\sigma_p$

$$\sigma_p = \frac{\sum \sigma_i}{\pi}, \quad (3)$$

где  $\sigma_i$  - стандартное отклонение производительностей на  $i$ -м потоке;

оценка коэффициента вариации производительности

$$V = \frac{\sigma_p}{M_p}; \quad (4)$$

вид закона распределения и соответствующая функция распределения производительностей потока  $F(P)$ .

2.8. Для прогноза срока окончания работ закон распределения производительностей потоков приводят к закону распределения продолжительности работ.

Этот переход осуществляется с помощью обратного закона распределения, все характеристики которого вычисляются через  $M_p$  и  $b_p$ . При этом функция распределения продолжительности работ является дополнением до единицы функции распределения производительностей

$$F(t) = 1 - F(P). \quad (5)$$

2.4. Оптимальная область значений продолжительности работ, обеспечивающая завершение строительства в директивный срок, ограничивается квантилиами  $t_{0,4}$  и  $t_{0,6}$ , т.е. вероятность досрочного окончания работ должна находиться в диапазоне 0,4-0,6:

$$\begin{aligned} F(t \leq t_{0,4}) &= 0,4; \\ F(t \leq t_{0,6}) &= 0,6. \end{aligned}$$

Наиболее точный прогноз соответствует квантилю  $t_{0,5}$ -медиане распределения, обеспеченной 50%-ной вероятностью завершения строительства в срок или досрочно

$$F(t \leq t_{0,5}) = 0,5$$

2.5. В связи с тем что в большинстве случаев распределение производительностей потоков подчиняется гамма-закону, продолжительность  $t_{0,5}$  выполнения оставшегося к моменту текущего расчета на объекте объема работ с вероятностью 0,5 рассчитывается по формуле

$$t_{0,5} = \frac{\ell^{osc}}{AM_p \gamma n} \text{ недель}, \quad (6)$$

где  $\ell^{osc}$  - объем работ на объекте, оставшийся к текущему моменту расчета, км;

$M_p$  - по формуле (2);

$A$  - оператор гамма-закона распределения, характеризующий ритмичность выполнения работ ( $A = 1 - 0,325V^2$  при  $0,25 < V < 1,0$ ;  $A = 0,693$  при  $V = 1$ ;  $A = 0,457$  при  $V = \sqrt{2}$ , где  $V$  - коэффициент вариации по формуле (4));

$\gamma$  - прогнозный коэффициент изменения производительности на предстоящий период относительно прошедшего, учитывавший влияние постоянных организационно-технологических факторов (момента времени строительства  $\gamma_T$ , сезона строительства  $\gamma_s$ , количества одновременно работающих потоков  $\gamma_n$ )

где

$$\gamma = \gamma_T \gamma_s \gamma_n, \quad (7)$$

$$\gamma_T = \begin{cases} \frac{1,35-x}{1-x} \text{ при } 0 < x \leq 0,66, \quad x = \frac{T_{тек} - T_n}{T_{\Sigma}^{кон} - T_n}; \\ \frac{T_{тек} - T_n}{T_{\Sigma}^{кон} - T_n} \cdot \frac{(0,512-y)}{(0,488+y)} \text{ при } 0,66 < x \leq 0,9, \quad y = 0,74 \cdot (x-0,66) + 2,77(x-0,66)^2; \\ \frac{T_{тек} - T_n}{T_{\Sigma}^{кон} - T_n} \cdot \frac{(0,175-z)}{(0,825+z)} \text{ при } 0,9 < x \leq 1, \quad z = 2,07 \cdot (x-0,9) - 3,15(x-0,9)^2. \end{cases} \quad (8)$$

$$\gamma_s = \frac{T_{тек} - T_n}{T_{\Sigma}^{кон} - T_{тек}} \cdot \frac{K_l t_l^{\delta y \delta} + K_3 t_3^{\delta y \delta} + K_p t_p^{\delta y \delta}}{K_l t_l^{np} + K_3 t_3^{np} + K_p t_p^{np}}; \quad (9)$$

$$\gamma_n = \frac{T_{тек} - T_n}{T_{\Sigma}^{кон} - T_{тек}} \cdot \frac{\sum_j (0,75 \cdot 0,25 t_j^{\delta y \delta} + 0,25) t_j^{\delta y \delta}}{\sum_j (0,75 \cdot 0,85 t_j^{\delta y \delta} + 0,25) t_j^{np}}, \quad (10)$$

где  $T_{тек}$  - текущая дата;

$T_n$  - дата начала строительства;

$T_{45}; T_{75}$  - даты, соответствующие 50%-ному и 75%-ному периодам строительства;

$M_{T_{кон}}$  - по формуле (2);

$T_{\Sigma}$  - по формуле (1);

$K_l; K_3; K_p$  - сезонные коэффициенты (летний -  $K_l = 1,0$ ; зимний -  $K_3 = 0,7$ ; распутицы  $K_p = 0,8$ );

$t_l; t_3; t_p$  - отрезки времени (относительно текущей даты) в предстоящем и прошедшем периодах строительства, приходящихся на сезоны: летний, зимний, распутицы;

$t_{i, \text{бд}}^{\text{нр}}$  – продолжительность строительства до текущего момента;  
 $n_i$  – количество потоков на объекте в предстоящий период  
 после текущего момента продолжительностью  $t_{i, \text{бд}}$ .

2.6. Расчет прогнозируемого срока завершения основных работ для запланированного числа потоков производится по формуле

$$T_{\Sigma \text{прогноз}}^{\text{кон}} = T_{\text{тек}}^{\text{баз}} + \frac{1}{n_{\text{пл}}} \left[ t_{0,5} (\sum_i t_i)_{\text{тек}}^{\text{баз}} \right], \quad (II)$$

где  $T_{\Sigma \text{прогноз}}^{\text{кон}}$  – прогнозный срок (дата) завершения основных работ для существующей (или запланированной) концентрации ресурсов (потоков) по всему объекту в целом;

$T_{\text{тек}}^{\text{баз}}$  – текущая дата (или некоторый базовый срок на предполагаемую дату развертывания дополнительных потоков);

$(\sum_i t_i)_{\text{тек}}^{\text{баз}}$  – отработанный запланированными и ранее развернутыми потоками временной ресурс к текущей (или базовой) дате, потоко-неделям;

$n_{\text{пл}}$  – запланированное число потоков на объекте;

$t_{0,5}$  – по формуле (6).

2.7. Необходимое количество ресурсов (потоков) для завершения основных работ на объекте равно

$$\left. \begin{aligned} n(t_{0,5}) &= \frac{t_{0,5} - (\sum_i t_i)_{\text{тек}}^{\text{баз}}}{T_{\Sigma}^{\text{кон}} - T_{\text{тек}}^{\text{баз}}} \\ n_{\text{доп}} &= n(t_{0,5}) - n_{\text{пл}} \end{aligned} \right\}, \quad (II)$$

где  $n(t_{0,5})$  – максимальное число потоков на объекте, включая запланированные или дополнительные, обеспечивающее по прогнозу завершение основных работ в намеченный срок  $T_{\Sigma}^{\text{кон}}$ ;

$T_{\Sigma}^{\text{кон}}$  – по формуле (I);

$T_{тек}^{0,03}$  - по формуле (II);  
 $t_{0,5}^{0,03}$  - по формуле (6);  
 $(\sum_i t_i^{0,03})_{тек}$  - по формуле (II).

2.8. Если  $T_{\Sigma \text{прогноз}}^{кон} \geq T_{\Sigma}^{кон}$  и  $\Pi_{пл} < (t_{0,5})$ , решается задача маневрирования ресурсами (потоками).

Целью такого маневра является выравнивание сроков завершения сооружения трубопровода по участкам, т.е. организация помощи передовых потоков отставшим, или в крайнем случае принятие своевременного решения о вводе дополнительных ресурсов в виде новых скомплектованных потоков.

Для этого рассчитывается прогнозная дата завершения работ по каждому участку (развернутому потоку)  $T_{\kappa i}$

$$T_{\kappa i} = T_{тек} + T_{\kappa i}, \quad (13)$$

где  $T_{тек}$  - текущая дата;

$t_{\kappa i}$  - продолжительность выполнения оставшегося объема работ  $i$ -м потоком на отведенном ему участке, которая определяется согласно формуле (6), или как

$$t_{\kappa i} = \frac{b_i^{ост}}{A_i M_i j_i} \quad (\text{здесь все параметры рассчитываются для каждого конкретного потока в отличие от формулы (6), где расчет ведется по объекту в целом}).$$

Далее даты завершения работ  $T_{\kappa i}$  по каждому участку (потоку) сравниваются с общим сроком окончания строительства всего трубопровода  $T_{\Sigma}^{кон}$ .

Те потоки, которые досрочно закончат свои участки ( $T_{\kappa i} < T_{\Sigma}^{кон}$ ), могут быть использованы для оказания помощи тем потокам, у которых сроки завершения превышают директивные ( $T_{\kappa i} > T_{дир}$ ). Как правило, помощь оказывается соседним потокам. Для  $\Pi$ -потоков критерием перераспределения границ участков является условие

$$\sum T_{\kappa i} \leq \Pi T_{\Sigma}^{кон}. \quad (14)$$

Если данное условие не выполняется, то необходимым является

ся решение по комплектованию и вводу дополнительных потоков  $\pi_{\text{доп}}$  согласно формуле (I2).

Принимаемое решение по изменению границ участков или вводу дополнительных потоков зависит не только от достигнутого темпа строительства и оставшегося объема работ, но и от направления движения потоков на трассе.

При расчете определяется общий срок завершения работ по всем участкам, меньший директивного ( $T_K < T_{\text{КОН}}$ ). Тогда общая для всех участков продолжительность работ определяется следующим образом:

$$t_K = T_K - T_{\text{тек}}. \quad (I5)$$

Условие одновременного окончания работ всеми потоками достигается расчетом

$$\left. \begin{aligned} t_K &= \frac{\sum_i l_i^{\text{ост}} + \sum_i A_i M_i \gamma_i \tau_i}{\sum_i A_i M_i \gamma_i} \\ l_i' &= A_i M_i \gamma_i (t_K - \tau_i) \\ \Delta l_i &= l_i - l_i^{\text{ост}} \end{aligned} \right\}, \quad (I6)$$

где  $t_K$  - продолжительность работ, общая для всех участков, недели;

$l_i^{\text{ост}}$  - оставшийся объем работ на  $i$ -м участке (потоке) к текущей дате (для дополнительных потоков  $l_i^{\text{ост}}$  принимается равным 0);

$M_i$  - математическое ожидание производительности потока на  $i$ -м участке;

$\gamma_i$  - прогнозный коэффициент изменения производительности на  $i$ -м участке согласно формуле (7);

$A_i$  - оператор, характеризующий ритмичность работы  $i$ -го потока согласно формуле (6);

$\tau_i$  - временной лаг задержки перебазировки ресурсов при изменении границ участков и ввода дополнительных ресурсов ( $\tau = 0$ , если смежные потоки движутся

навстречу друг другу;  $\tau = 5-7$  дней, если потоки движутся в одну сторону или один от другого;  $\tau = 10-20$  дней при перебазировке потока в пределах данной трассы на отдаленный участок;  $\tau = 1,5$  мес, если перебазировка потока осуществляется с одной стороны;  $\tau = 2$  мес, если осуществляется комплектование и развертывание нового потока на трассе);

- $\ell'_i$  - новая длина участка трассы, отведенная  $i$ -му потоку после принятия решения по маневру ресурсами, км;
- $\Delta\ell_i$  - корректировка (величина переноса) границ участков ( $\sum \Delta\ell_i = 0$ ).

2.9. Описание программы *INF* приведено в приложении I.

## 3. МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ УЧАСТКОВ ТРУБОПРОВОДА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЗАДАНИЙ ПОТОКАМ

3.1. Расчет заданий для прогнозных потоков выполняется с использованием обобщенной математической модели процесса сооружения магистрального трубопровода, представляющей собой систему нелинейных дифференциальных уравнений с наложенными на них логическими ограничениями.

3.2. На первом этапе выполняют расчеты и заполняют шкалу коэффициентов для каждого потока с указанием:

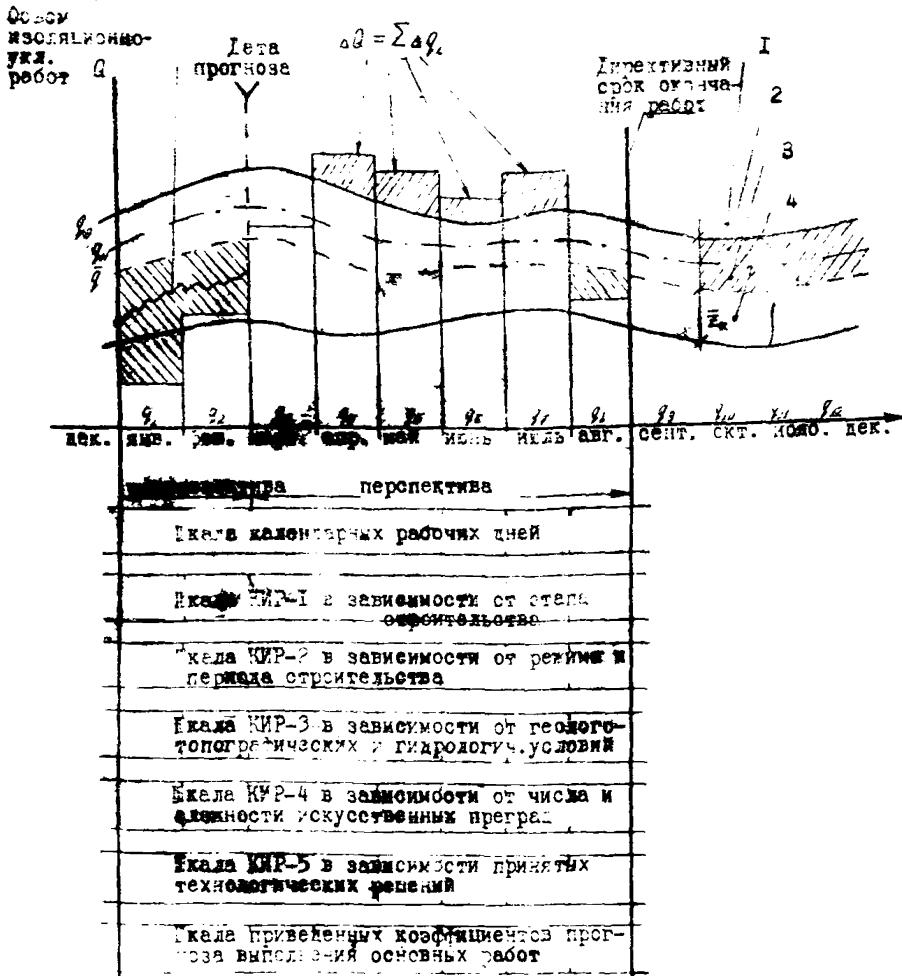
календарных рабочих дней (КРД);

коэффициентов интенсивности работ (КИР) в зависимости: от этапа строительства - КИР-1 (организационно-производственный фактор); от режима и периода строительства - КИР-2 (природно-климатический фактор); от геологического-топографических и гидрологических условий - КИР-3; от числа и сложности искусственных преград - КИР-4 (инженерно-технологический фактор); от принятых технологических решений - КИР-5 (технический фактор);

приведенных коэффициентов прогноза выполнения потоком основных линейных работ (ПКПН) = КРД  $\cdot \prod_{i=1}^5$  КИР).

3.3. Выполняется по месяцам и по природно-климатической зоне расчет параметров статистического коридора (рисунок):

## индивидуальный динамический ряд ТСУ



## Параметры статистического коридора и система шкал по факторам строительного процесса:

1 - зона критического задания  $\bar{z}_k$ ; 2 - зона очень напряженного задания  $\bar{z}_e$ ; 3 - зона напряженного задания  $\bar{z}_n$ ; 4 - зона не-напряженного задания  $\bar{z}$ ;  $\Delta g$  - месячное задание, км;  $\Delta Q$  - объем работ не сбалансированный с динамическим потенциалом потока

Шкала коэффициентов интенсивностей работ (КИР-2) технологического потока в зависимости от природно-климатического фактора

Природно-климатическая зона или район	Коэффициенты интенсивности работ по месяцам												Базовая выработка в январе, км
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
1. Северная-1	I	I, I	I, 4	I, I	0, 3	0, 2	0, 3	0, I	0, I	0, 3	0, 5	0, 8	20
2. Северная-2	I	I, 3	I, 3	I, 3	0, I	0, I	0, I	0, 2	0, 4	0, 2	0, 8	I, 0	18
3. Таежно-болотистая	I	I, I	I, I	I, 2	0, 4	0, I	0, 3	0, I	0, I	0, I	0, I	I, 0	I
4. Подходы к Уралу	I	I, I	I, I	0, 7	0, 4	0, 7	0, 5	0, 9	0, 5	0, 2	0, 3	0, 5	16
5. Урал(горная)	I	I	0, 6	0, 8	0, 3	0, 4	0, 6	0, 6	0, 4	I	0, 6	I, 2	15
6. Между Уралом и р. Волга	I	I, I	I, 2	0, 9	0, 7	I	0, 8	0, 7	0, 7	I, I	0, 6	I, 2	18
7. Между рр. Волгой и Днепром	I	I	I, 5	0, 7	I, 5	I, 7	I, 4	I, 4	I, 2	I, 5	0, 9	0, 7	I4
8. Между р. Днепр и Карпатами	I	0, 9	I, I	I, I	I, I	I, I	I, I	I, I	I, I	I, I	I, I	I, I	I3
9. Карпаты-1	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	3
Карпаты-2	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	2
Карпаты-3	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	6

верхнего предела;

средней величины, взвешенной по КИР-3,4,5;

средней напряженной величины, взвешенной по КИР-3,4,5, с учетом статистики прошлых строек и динамических оценок работы трубопроводостроительных комплексов на текущей стройке.

3.4. выполняется расчет параметров динамического ряда фактически выполненных работ по каждому потоку:

максимальной достигнутой выработки;

средней выработки, достигнутой за период работы в режиме, взвешенной по КИР-3,4,5.

3.5. Устанавливаются потоки, включаемые в работу в  $j$ -м мес.це. Из них:

перебазируемые в пределах стройки с указанием норматива времени на перебазировку и срока включения их в работу на новом участке по графику;

перебазируемые в пределах участка строительства с указанием графика перебазировок;

перебазируемые с других объектов с указанием срока включения их в работу по графику и ожидаемой задержки (по экспертной оценке)  $\{t_{ij}\}$ , которая учитывается в расчете.

3.6. Устанавливается остаток  $S_i$  линейных работ (по изоляции и укладке), балластировке, переходам, технологическим узлам, разрывам для  $i$ -го потока на дату расчета.

3.7. Выполняется первоначальный счет линейных заданий для  $i$ -го потока с учетом ожидаемого времени включения в работу

$$q_{ij} = \frac{S_i}{\sum_j \xi_{ij}} \xi_{ij}, \quad j=1, K,$$

где  $\xi_{ij}$  - весовой коэффициент  $j$ -го месяца  $i$ -го потока;

$q_{ij}$  - задание по изоляции и укладке на  $j$ -й месяц для  $i$ -го потока.

3.8. Устанавливают направление движения потока с указанием исходной и текущей координаты, а также запланированных изменений направления в пределах участка строительства (по данным ПОС и ИПР).

3.9. Определяют степень напряженности задания для каждого месяца по каждому индивидуальному потоку по критериям:

а)  $q_{ij} \in Z_k \quad \{q_{ej} < q_{ij}\} \Rightarrow$  задание критическое;

- б)  $q_{ij} \in Z_{\delta i} \{ \bar{q}_{ij} < q_{ij} < \bar{q}_{\delta i} \}$  задание экстремальное;  
 в)  $q_{ij} \in Z_H \{ \bar{q}_j < q_{ij} < \bar{q}_H \} \Rightarrow$  задание напряженное;  
 г)  $q_{ij} \in Z_H \{ q_{ij} < \bar{q}_H \} \Rightarrow$  задание ненапряженное.

3.10. Находят динамический потенциал  $i$ -го потока на всех этапах строительства в  $j$ -м месяце.

3.10.1. Для случая, когда поток еще не вышел на "режим",

$$\rho_{ij}^T = \frac{\xi_{ij}}{\xi_i^*} \cdot q_i^*,$$

где  $\rho_{ij}^T$  - динамический потенциал  $i$ -го потока на текущем объекте в  $j$ -м месяце;

$q_i^*$  - наибольшая месячная выработка  $i$ -го потока, достигнутая на предыдущем объекте;

$\xi_i^*$  - весовой коэффициент месяца наибольшей выработки  $i$ -го потока на предыдущем объекте.

3.10.2. Для случая, когда поток вышел на режим,  $\rho_{ij}^T$  рассчитывается:

при  $q_{ik}^* < \rho_{ij}^T = >$  по п.3.10.1;

при  $q_{ik}^* \geq \rho_{ij}^T = >$  по формуле

$$\rho_{ij}^T = \frac{\xi_{ij}}{\xi_{ik}} \cdot q_{ik}^*,$$

где  $q_{ik}^*$  - наибольшая фактическая месячная выработка  $i$ -го потока, достигнутая в  $k$ -м месяце;

$\xi_{ik}$  - весовой коэффициент  $k$ -го месяца для  $i$ -го потока.

3.11. Определяется зона попадания "динамического потенциала (ДП)"  $i$ -го потока в каждом  $j$ -м месяце:

а)  $\rho_{ij} \in Z_{\delta i} \{ \bar{q} < \rho_{ij}^T < \bar{q}_{\delta i} \} \Rightarrow$  ДП в экстремальной зоне

б)  $\rho_{ij}^T \in Z_H \{ \bar{q} < \rho_{ij}^T < \bar{q}_H \} \Rightarrow$  ДП в напряженной зоне

в)  $\rho_{ij}^T \in Z_H \{ \rho_{ij} < \bar{q} \} \Rightarrow$  ДП в ненапряженной зоне

3.12. Вычисляется "резерв" или "дефицит" ДП потока в  $j$ -м месяце

$$\pm \Delta \rho_{ij} = (\rho_{ij}^T - q_{ij}),$$

где  $+ \Delta P_{ij}$  - резерв ДП  $i$ -го потока в  $j$ -м месяце;  
 $- \Delta P_{ij}$  - дефицит ДП.

3.13. Выполняется процедура балансировки ДП  $i$ -го потока с заданием в каждом  $j$ -м месяце:

а) если в  $j$ -м планируемом месяце имеется резерв ДП  $(+ \Delta P_{ij}')$ , то этот резерв должен быть заполнен объемом работ любого имеющегося дефицита ДП месяца  $(j+K)$  на величину

$$V_{ij} = (+ \Delta P_{ij}) + \begin{cases} P_{ij}^T \in Z_s \Rightarrow (q_{sj} - P_{ij}^T); \\ P_{ij}^T \in Z_H \Rightarrow (\bar{q}_{Hj} - P_{ij}^T); \\ P_{ij}^T \in \bar{Z}_H \Rightarrow (\bar{q}_j - P_{ij}^T), \end{cases}$$

а в случае отсутствия дефицита ДП резерв  $j$ -го месяца заполняется объемом работ первого следующего за ним месяца  $(j+1)$ ; соответственно задание, резерв или дефицит в  $(j+K)$  месяце изменяются на величину  $V_{ij}$

$$q'_{ij} = q_i(j+K) - V_{ij};$$

б) процедура балансировки ДП продолжается до тех пор, пока не будет выполнено условие

$$\sum_j (+ \Delta P_{ij}) = 0.$$

3.14. Выполняется разбивка по неделям сбалансированного задания, следующего за текущим месяца:

$$q'_{ije} = \frac{q_{ij}}{(\sum \xi_{ije} = \xi_{ij})} \xi_{ije}.$$

3.15. Определяют величину отклонения директивного задания от ожидаемого выполнения за весь период строительства

$$- \Delta P_i = \sum_i (- \Delta P'_{ij}).$$

3.16. Устанавливают прогнозные сроки окончания линейных работ  $i$ -м потоком с точностью до 15 дней (полмесяца).

3.16.1. Ожидаемый срок по динамической оценке при отсутствии дефицита ДП

$$t_{\text{ок}i} = \begin{cases} q'_{ik} < (0,5 \bar{q}_{hk} \vee 0,5 \bar{q}_k) \Rightarrow 15 \cdot K; \\ q'_{ik} \geq (0,5 \bar{q}_{hk} \vee 0,5 \bar{q}_k) \Rightarrow 30 \cdot K, \end{cases}$$

где  $q'_{ik}$  - выраженный объем задания в последнем  $K$ -м месяце.

3.16.2. Ожидаемый срок по динамической оценке при наличии дефицита ДП ( $-\Delta P_i$ ):

а) распределить дефицит ДП ( $-\Delta P_i$ ) по месяцам, следующим за месяцем  $K$  окончания работ по директиве

$$q_{il} \cdot \begin{cases} P_{i(k+e)}^T \in Z_3 \Rightarrow q_{il} = q_{el} \\ P_{i(k+e)}^T \in Z_4 \Rightarrow q_{il} = \bar{q}_{ne} \\ P_{i(k+e)}^T \in Z_5 \Rightarrow q_{il} = \bar{q}_e \end{cases},$$

где  $q_{il}$  - объем условного задания, назначаемого  $i$ -му потоку в  $l$ -м месяце ( $l=K, \bar{m}$ ) за пределами директивного срока;

б) определить прогнозный срок

$$t_{\text{ок}i} = \begin{cases} q_{im} < (0,5 \bar{q}_{h\bar{m}} \vee 0,5 \bar{q}_m) \Rightarrow 15 \cdot \bar{m}; \\ q_{im} \geq (0,5 \bar{q}_{h\bar{m}} \vee 0,5 \bar{q}_k) \Rightarrow 30 \cdot \bar{m}. \end{cases}$$

3.16.3. Возможный срок окончания линейных работ по уровню передовых коллективов при отсутствии и наличии дефицита ДП:

а) установить месячные задания по  $i$ -му потоку на уровне передовых коллективов;

б) определить прогнозный срок

$$t_{\text{б}i} = \begin{cases} q''_{im} < 0,5 \bar{q}_{\text{эт}} \Rightarrow 15 \cdot \bar{m}; \\ q''_{im} \geq 0,5 \bar{q}_{\text{эт}} \Rightarrow 30 \cdot \bar{m}. \end{cases}$$

3.17. Рассчитывают коэффициенты напряженности сбалансированных заданий для  $i$ -го потока в каждом месяце

$$\gamma_{ij} = \frac{q_{ij}}{p_{ij}^r}, \quad j = \overline{1, K}.$$

3.18. Вычисляют интегральный коэффициент напряженности задания на весь период строительства

$$\gamma_i = \frac{\sum_j \gamma_{ij} q'_{ij}}{\sum_j q'_{ij}}, \quad j = \overline{1, K}.$$

3.19. Определяют объемы сбалансированных заданий по месяцам для:

геподрядных трестов;

производственных главков;

областей, краев и республик;

стройки в целом.

3.20. Для перебазируемых в пределах стройки потоков выполняется перерасчет месячных и недельных заданий с учетом ожидаемого срока окончания линейных работ этим комплексом на исходном участке:

а) устанавливается время включения потока в работу на новом участке с учетом завершения работ на исходном участке

$$t_i^o = t_{om_i}^o + (\tau_{zi} + t_{ni}),$$

где  $t_i^o$  - время (дата) включения в работу перебазируемого потока на новом участке;

$t_{om_i}$  - прогнозный срок окончания линейных работ перебазируемым потоком на исходном участке (по динамической оценке);

$\tau_{zi}$  - время на завершение работ перебазируемым потоком на исходном участке с учетом устранения разрывов, пропуски и испытания;

$t_{ni}$  - время на перебазировку потока с исходного участка на новый;

б) повторяется расчет в соответствии с пп.3.7 и по 3.18 месячных заданий для перебазируемых в пределах стройки потоков с учетом ожидаемого срока включения их в работу на новом

участке. Расчеты производить только в случае, если поток может начать работу позже или раньше намеченного первоначальным графиком срока.

3.21. Для случая перебазировки  $i$ -го потока в пределах участка строительства с изменением или без изменения направления движения расчет производят по каждому из подучастков работы потока отдельно.

3.22. Выполняют расчет прогноз-задания по сооружению подводных переходов через судоходные реки.

3.23. Производят расчет ожидаемого (по динамической оценке) и возможного (по уровню передовых) срока ввода участка трубопровода, сооружаемого  $i$ -м потоком:

определяют время, необходимое для завершения работ  $t_{i3}$  по ликвидации разрывов, сооружению переходов, монтажу технологических узлов, по балластировке, установке СКЗ, сооружению ЛЭП и ЛС;

устанавливают нормативы времени на продувку и испытание  $T_{ph}$ ;

определяют прогнозный срок ввода

$$t_{88i} = t_{8i} + t_{i3} + T_{ph}.$$

3.24. Все расчеты прогноз-задания выполняются с учетом технологической связности выполнения линейных работ при условии опережающего выполнения работ по сооружению переходов и монтажу технологических узлов.

3.25. На каждом этапе расчета прогноз-задания предусматриваются процедуры арифметического и логического контроля.

3.26. Результаты расчета прогноз-задания представляются по формам Ф-01, Ф-02, Ф-03. Описание программы "Прогноз" дано в приложении 2.

(Министерство, главк, трест  
область, республика)  
(главк, трест, участок)

**ЗАДАНИЕ**  
по месяцам на строительство  
трубопровода км \_\_\_\_\_  
км \_\_\_\_\_ по состоянию  
на \_\_\_\_\_

Начало строительства \_\_\_\_\_  
Срок ввода \_\_\_\_\_

Код	Вид работы	Объем работы	Выполнено с начала стр-ва	Остак- ток	Фактическое выполнение								Прогноз-задание			
					Год								Год			
					Ап- рель	Май	Июнь	Июль	Ав- густ	Сен- тябрь	Ок- тябрь	Но- ябрь	Де- кабрь	Январь	Фев- раль	Март
01	Расчистка, км															
02	Вдольтрассный проезд, км															
03	Снятие плодо- родного слоя, км															
04	Поворотная сварка, км															
05	Вывозка секций, км															
06	Вывозка ж/б гру- зов, компл.															
07	Сварка потолоч- ной, км															
08	Траншея, км															
09	Изоляция и ук- ладка, км															
10	Установка ж/б грузов, компл.															
11	Установка анке- ров, пар															
12	Засыпка, км															
13	Очистка полос- ты, км															
14	Испытание, км															
15	Сооружение пе- роходов, шт.															
16	Монтаж техно- логических уз- лов, шт.															
17	Электрохимза- щита, шт.															
18	Коэффициент на- пряженности за- дания															

**П р и м е ч а н и я:**

1. Шкала времени на период строительства - переменная (внутренние временные интервалы не убирать).
2. Между годами провести границу, разделяющую форму.
3. Предусмотреть изменение заданий по всем прошедшим месяцам и разделяющую границу от задания на будущий период.

Главк \_\_\_\_\_  
Трест \_\_\_\_\_

Форма Ф-02

## ЗАДАНИЕ

по неделям на строительстве трубопровода  
участок км \_\_\_\_\_ - км \_\_\_\_\_  
по состоянию на

Начало строительства \_\_\_\_\_  
Срок ввода

РАБОЧИЙ КАЛЕНДАРЬ  
 по зонам прохождения трубопровода \_\_\_\_\_  
 (для изоляционно-укладочных работ)

Природно-климатическая зона км-км	Показатели	Ян-варь	Фев-раль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Ав-густябрь	Сен-тябрь	Ок-тябрь	Но-ябрь	Де-кабрь	Итого рабочих дней
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

## ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРОГРАММА INF

1. Программа INF составлена на алгоритмическом языке Фортран-IV и предназначена для использования на ЭВМ типа ЕС.

2. Программа INF предназначена для разработки долгосрочных прогнозов хода строительства магистральных трубопроводов по видам работ: разработка траншей, сварочно-монтажные и изоляционно-укладочные работы, а также по обобщенному виду работ.

3. Прогноз дается в разрезе производственных главков, трестов и линейных комплексных технологических потоков.

4. Программа позволяет определить возможные сроки завершения технологическим потоком каждого вида работ, а также дает информацию для принятия управленческих решений с целью ускорения хода строительства.

5. Для решения задачи прогноза в программу вводятся следующие исходные данные:

наименование трубопровода;

дата расчета и прогноза;

наименование главка;

наименование треста;

шифр потока;

фамилия начальника потока;

начальная и конечная координаты участка;

начальный и директивный срок окончания работ на участке;

выполненные на участке к дате расчета объемы по трем видам работ: разработка траншей, сварочно-монтажные и изоляционно-укладочные работы;

объемы, выполненные за последнюю неделю по этим трем видам работ;

число рабочих дней в последней неделе;

статистические данные о выработке по трем видам работ, полученные в результате обработки фактических данных за период до предпоследней даты расчета: математическое ожидание выработки; среднеквадратическое отклонение выработки; число использованных данных.

## Приложение 2

### ПРОГРАММА "ПРОГНОЗ" ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДНЫМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ НА МИКРО-ЭВМ "ИСКРА-226"

1. Программная система (ПС) предназначена для краткосрочного прогнозирования и оперативного планирования, включая разработку недельных и месячных заданий по изолационно-укладочным работам, в разрезе производственных главков, трестов и трубопроводостроительных комплексов с учетом организационно-производственного, природно-климатического и социального факторов условий строительства. Она позволяет определить возможные сроки завершения линейных работ по динамической оценке для каждого технологического потока и получить в обработанном виде информацию, необходимую для принятия эффективных управленческих решений. Программная система может быть использована для сбора и обработки статистической информации о ходе строительства системы магистральных трубопроводов с целью формирования постоянно обновляемой нормативной базы оперативного планирования, которая носит объективный характер и учитывает перечисленные выше факторы.

2. Для решения задач оперативного планирования и управления в систему вводятся данные, характеризующие объект строительства в целом, технологические потоки, природно-климатические зоны, организационно-производственный фактор и календарь на текущий год.

3. Информация об объекте строительства включает: количество участков строительства, количество природно-климатических зон, по которым проходит трасса трубопровода, количество главков, участвующих в строительстве, дату начала и максимальную продолжительность строительства. Эти данные используют при разбивировании оперативной памяти для информационных массивов. Кроме того, вводится наименование трубопровода для печати "шапок" в выходных формах.

4. Данные о потоке содержат:

код потока;

код треста;

номер зоны работы потока;  
начальную и конечную координаты участка;  
направление ведения работ;  
начальный и директивный срок окончания изоляционно-укладочных работ на участке;  
данные для подсчета интенсивности работы потока на предыдущем участке (объекте) строительства;  
фактические месячные выработки на данном участке;  
фактические недельные выработки в текущем месяце.  
Соответствие потока и главка обеспечивается принятым правилом - первый символ кода потока совпадает со вторым символом кода главка.  
В языке, на котором реализована описываемая ПС, отсутствует организация данных типа "структура", поэтому используются параллельные массивы, т.е. массивы, имеющие одинаковую раз мерность, и данные, представляющие часть одного группирования, находящиеся в одинаковых же позициях.

5. Информация о природно-климатических зонах включает:  
шкалу приведенных календарных дней;  
границы "статистического коридора" по месяцам.

Шкала приведенных календарных дней представляет собой количество рабочих дней по всем неделям месяца (полным и неполным) с учетом интенсивности производства работ в природно-климатической зоне в каждом месяце календаря на текущий год.

"Статистический коридор" - множество приведенных фактически выполненных объемов изоляционно-укладочных работ по всем месяцам и зонам, полученных на основе статистического анализа предыдущих строек и динамических оценок по текущей стройке.

6. Учет организационно-производственного фактора при составлении оперативных планов состоит в том, что период строительства условно подразделяется на три этапа: вхождения потока в режим, работа в режиме, выход потока из режима. При планировании принято считать продолжительность первого этапа - 1 месяц, а третий этап начинается тогда, когда оставшийся объем линейных работ меньше некоторой условно постоянной величины; интенсивность проведения работ на каждом этапе, имеет значения: для первого этапа - 0,5; для второго - 1,0; для третьего - 0,5.

7. Календарь на текущий год содержит даты границ недель и дату конца каждого месяца.

8. Вся введенная информация хранится в файле на диске, имя которого задается при входе в программу. Для этого файла на диске должна быть отведена область, минимальный размер которой определяется по формуле

$$Q = 65 \cdot Q_0 + 4 \cdot Q_0 \cdot Q_3 + 360 \cdot Q_1 + 5 \cdot Q_2 + 120 \text{ (байт),}$$

где  $Q_0$  - количество участков на трассе;

$Q_1$  - количество зон, по которым проходит трасса;

$Q_2$  - количество главков, принимающих участие в строительстве;

$Q_3$  - продолжительность всего строительства в целом, мес.

9. Программная система работает в следующих режимах:

Режим 1 - начать создание нового информационного фонда.

" 2 - продолжить создание информационного фонда.

" 3 - удалить информацию о потоке.

" 4 - изменить код потока.

" 5 - ввести информацию о выполненных объемах работ за месяц.

" 6 - ввести информацию о выполненных объемах работ за неделю.

" 7 - скорректировать информационный фонд.

" 8 - составить оперативные планы по потокам и главкам.

" 9 - сохранить информационный фонд и выйти из задачи.

10. Работа в режиме 1 осуществляется только один раз в начале создания информационного фонда. В режиме 2 пользователь вводит информацию об объекте строительства (прил.2, п.3), информацию о потоках (прил.2, п.4), о природно-климатических зонах (прил.2, п.5). Объем первоначально вводимой информации может быть достаточно большим, чтобы осуществить ввод за один сеанс работы, кроме того, может поступать информация о новых потоках и природно-климатических зонах. В связи с этим пользователю предоставлена возможность сохранить введенную информацию на диске в режиме 9 и в следующие сеансы продолжать ввод в режиме 2. При этом в режиме 3 вся ранее введенная информация счи-

тывается с диска. Прекратить работу в этих режимах можно после завершения ввода всей информации по очередному потоку или зоне.

11. Для корректировки информации введены режимы 3-7, которые обеспечивают выполнение всех функций, необходимых для актуализации данных, причем в режиме 7 пользователь может визуально проверить и скорректировать данные.

12. В режимах 1-7 обеспечивается логический контроль информации. Так, например, контролируются координаты участка, сроки начала и завершения работ, объемы выполнения работ и т.д. Обо всех нарушениях корректности информации, которые можно определить программными средствами, выдаются диагностические сообщения и запрашивается повторение ввода.

13. Режим 8 предназначен для расчета прогнозных сроков окончания линейных работ и составления оперативных плановых заданий по выполнению изоляционно-укладочных работ в разрезе производственных главков и потоков, выработки в форме рекомендаций вариантов управленческих решений. В этом режиме пользователю представляется возможность активного диалога с ЭВМ для анализа результатов расчета, изменения некоторых параметров, влияющих на конечные результаты моделирования хода выполнения изоляционно-укладочных работ. Результаты моделирования выдаются на дисплеи по запросу. Работа в режиме 8 заканчивается выдачей прогноза выполнения изоляционно-укладочных работ по главкам и потокам.

14. Режим 9 позволяет производить запись информационного фонда на диск по запросу пользователя.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения .....	3
2. Методика прогнозирования сроков завершения работ на строительстве линейной части магистрального трубопровода и принятие решений по маневрированию ресурсами на основе распределения производительности работ .....	4
3. Методика прогнозирования строительства линейной части участков трубопровода для разработки заданий потокам .....	11
Приложения.....	25

---

## РЕКОМЕНДАЦИИ

по методике прогнозирования строительства линейной части магистральных трубопроводов

Р 501-83

Издание ВНИИСТА

Редактор Л.С.Панкратьева

Корректор Г.Ф. Меликова

Технический редактор Т.В.Берешева

Л-75714

Печ.л.2,0

Тираж 250

Подписано в печать 4/1 1984 г. Формат 60x84/16

Уч.-изд.л. 1,6

Цена 16 коп.

Бум.л.1,0

Заказ 1