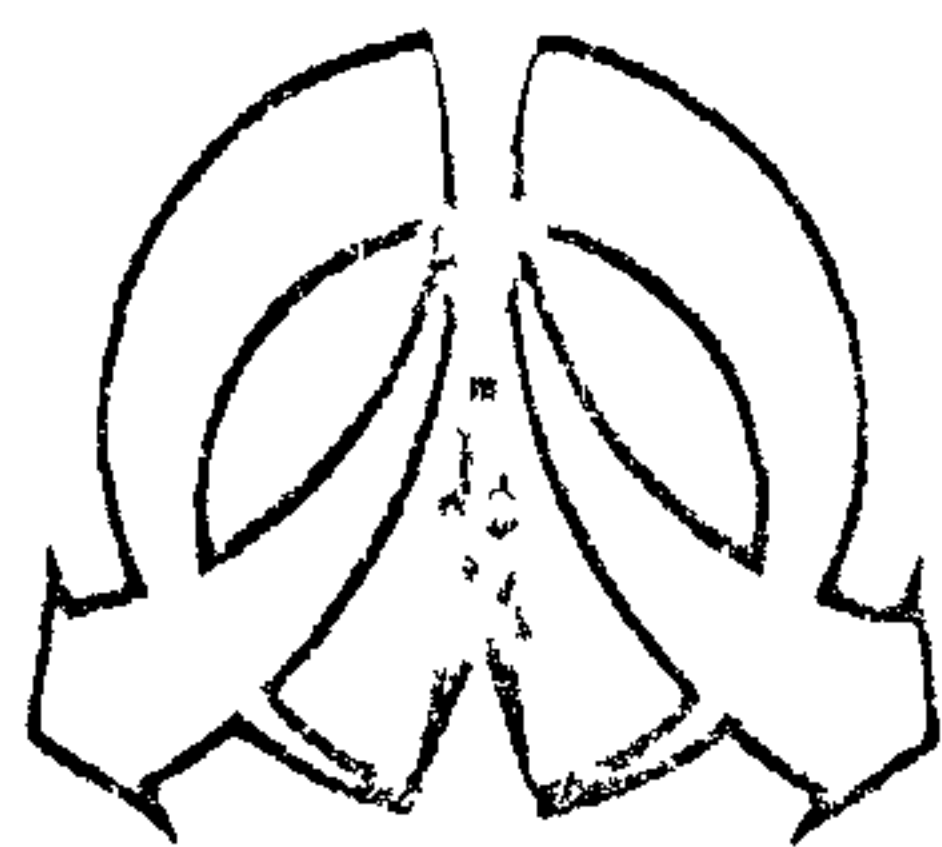


РД 39-069-91

Методика оценки ущерба от отложений  
трубопроводов промышленного  
оборудования

МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

ВНИИАЗОСНП  
НЕФТЬ



---

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ  
МЕТОДИКА  
ОЦЕНКИ УЩЕРБА ОТ ОТКАЗОВ  
ТРУБОПРОВОДОВ ПРОМЫСЛОВОГО  
СБОРА НЕФТИ

РД 39 - 069 - 91

---

УФА

МИНИСТЕРСТВО НЕФТНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
ВНИИСПИДТЪ

УТВЕРЖДЕНЫ

Начальником отдела научно-  
технического прогресса

Е.М. Довжком

15 января 1991 г.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

М Е Т О Д И К А

ОЦЕНКИ УЩЕРБА ОТ ОТКАЗОВ ТРУБОПРОВОДОВ  
ПРОМЫСЛОВОГО СВЯЗА НЕФТИ

РД 39-069-91

39-069-91

Настоящая методика предназначена для оценки ущерба, наносимого народному хозяйству конкретной аварией, произошедшей на промышленном нефтепроводе. Ущерб определяется суммированием соответствующих собственного ущерба предприятия от аварии, затрат на восстановление, обор и вывоз разлитой продукции, ликвидации заманучевысоги, ущерба от безвозвратно потерянной нефти, ущерба от загрязнения окружающей среды, ущерба от вынужденного простоя трубопровода. Для удобства и оперативности проведения расчетов используются укрупненные показатели.

Методика разработана во ВНИИСПТнефть Кутуковым В. Г., Никитиной А. С., Бондаренко Н. М.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ  
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УЩЕРБА ОТ ОТКАЗОВ  
ТРУБОПРОВОДОВ ПРОМЫСЛОВОГО СБОРА НЕФТИ  
РД 39-069-91

Вводится впервые

Срок введения с 01 01 1991г

Срок действия до 30 12 1995г

Методика распространяется на трубопроводы промышленного сбора нефти, т.е. трубопроводы, по которым движется нефть с сопутствующими компонентами от скважины до пункта сдачи нефти на магистральные трубопроводы

Методика предназначена для определения ущерба от отказов путем определения во составляющих, поддающихся стоимостной оценке, расчетным путем

Величина материального ущерба, определенного по настоящей методике, включается в "Акт технического расследования отказа промышленного трубопровода" по форме, установленной в РД 39-0147103-392-87 "Инструкция по техническому расследованию и ликвидации отказов и повреждений трубопроводов промышленного сбора и транспорта нефти", и используется при оформлении исков претензий, рекламаций.

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Под ущербом, причиняемым народному хозяйству аварией на промышленном трубопроводе, понимается совокупность издержек в денежном выражении, возникающих в результате затрат на восстановление вышедшего из строя участка трубопровода, потерь добываемой продукции, простоя оборудования по обору и подготовке нефти в результате аварии, отрицательного воздействия выхода продукции на различные сферы общественной и хозяйственной жизни. Последнее воздействие проявляется в увеличении заболеваемости людей, снижении их работоспособности, ухудшении условий жизни, снижении продуктивности природных ресурсов, ускоренном износе основных фондов собственного и смежных предприятий. Все эти составляющие в конкретном выражении при подсчете ущерба определить трудно.

Для удобства и оперативности оценки ущерба принят метод подсчета ущерба на основе укрупненных удельных показателей, заимствованных из действующих руководящих документов и определенных расчетным путем на основе калькуляции затрат.

1.2 Срыв промышленного трубопровода может привести к следующим последствиям:

- простоем рассматриваемого участка,
- потерям нефти в результате нарушения герметичности трубопровода;
- простоем оборудования промысла, расположенного на месторождении;
- простоем части оборудования, расположенного в пункте подготовки нефти,
- загрязнению окружающей среды,
- полному или частичному сочетанию указанных последствий.

I.3. Методика предназначена для оценки ущерба от последствий отказа, перечисленных в пункте I.

I.4. Показатели ущерба, определяемые по настоящей методике, используются.

- для оценки надежности промышленных трубопроводов,
- при выборе мероприятий по повышению надежности промышленных трубопроводов с обоснованием их экономической эффективности,
- для оценки эффективности используемых способов и средств ликвидации отказов и их последствий.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УЩЕРБА В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ОТ ОТКАЗОВ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Структура ущерба от отказов промышленных трубопроводов приведена на рис. I.

Приняты следующие обозначения

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 \quad (1)$$

где  $Y$  - полный ущерб в народном хозяйстве от отказа трубопровода,

$Y_1$  - собственный ущерб предприятия (НИТУ, ПО) от отказа,

$Y_2$  - ущерб от вынужденного простоя промышленного трубопровода и оборудования,

$Y_3$  - ущерб от загрязнения окружающей среды.

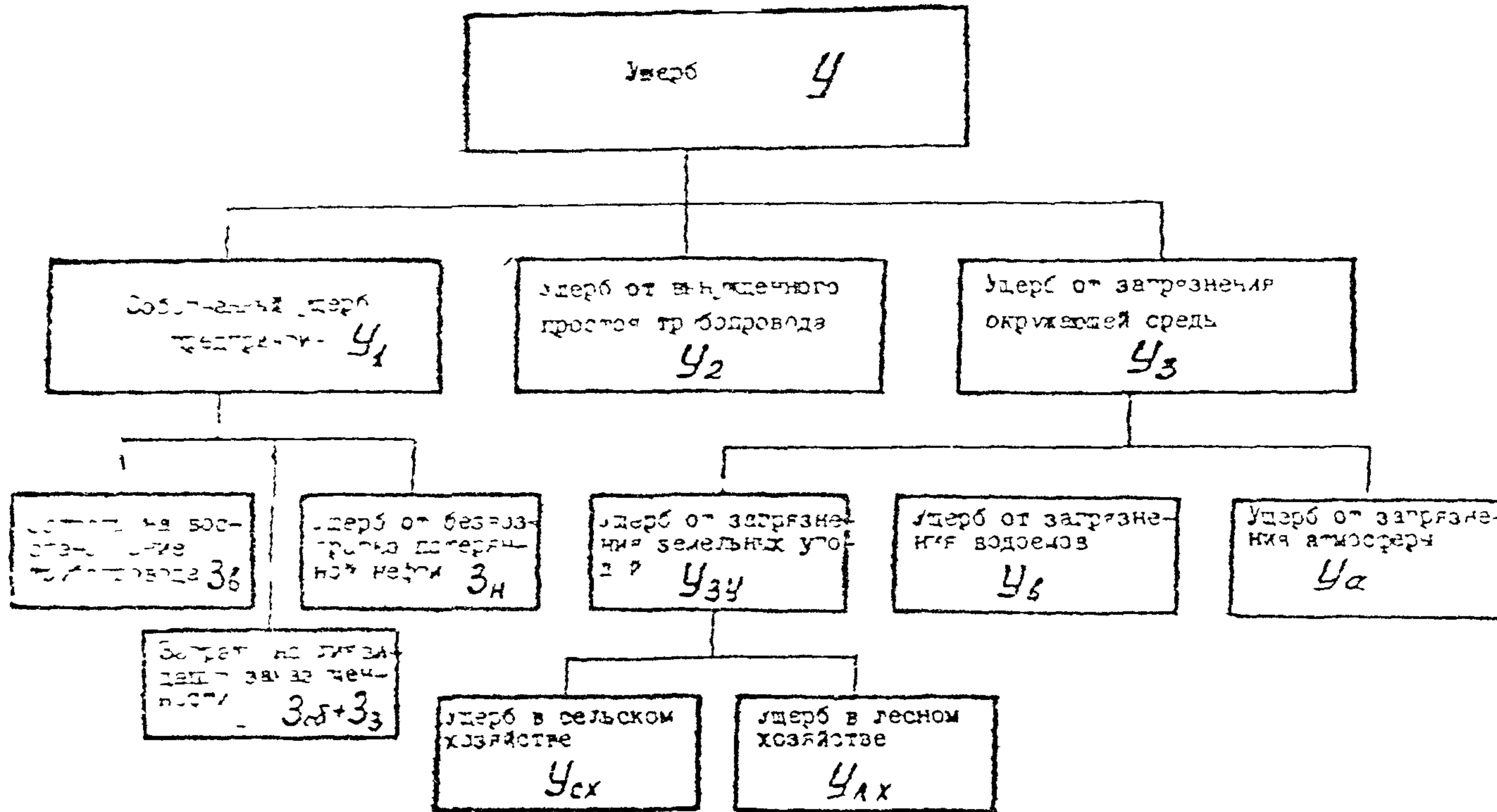
Основными исходными данными для определения всех составляющих ущерба являются количество члнческой продукции при отказе трубопровода и распределение ее в окружающей среде, что определяется согласно приложениям I и 2.

### 2.1. Собственный ущерб предприятия ( $Y_1$ )

Собственный ущерб от отказа состоит из сумм затрат

$$Y_1 = Z_B + Z_{об} + Z_{в} + Z_{п} \quad (2)$$

Составление ущерба от парчово промышленности нефтепровода



8

Рис. 1



где  $Z_B$  - затраты на восстановление трубопровода, руб.

$Z_{об}$  - затраты на сбор и вывоз разлитой продукции с места инцидента, руб.

$Z_{в}$  - затраты на ликвидацию вамазучиности и засоления почвы, руб.

$Z_H$  - ущерб от безвозвратно потерянной нефти, руб.

### 2.1.1. Затраты на восстановление трубопровода

Затраты на врезку катушки и замену участка трубопровода ориентировочно определяются

$$Z_B = U \times L, \quad (3)$$

где  $U$  - удельные затраты на врезку катушки или участка трубы, руб/м,

$L$  - длина катушки или заменяемого участка трубопровода, м (прил. 3)

Затраты на установку заплаты принимаются в среднем 170 руб для любого диаметра трубы. Затраты на установку хомута принимаются равными сумме затрат на установку заплаты и стоимости уложенных хомутов

Стоимость хомута  $d < 450$  мм принята 35 руб.

Стоимость хомута  $d < 820$  мм принята 40 руб.

Для болотистых районов Севера в затраты на ремонтно-восстановительные работы входят затраты на отсыпку подъездных путей в месте аварии привозным грунтом. Эти затраты складываются из стоимости грунта на отсыпку ( $C_r$ ), стоимости его транспортировки к месту аварии ( $C_{тр}$ )

$$Z_r = C_r + C_{тр} \quad (4)$$

Стоимость грунта на отсыпку определяется исходя из объема затраченного грунта ( $V_r$ ) и цены 1 м<sup>3</sup> грунта ( $C_r$ )

$$C_r = V_r \times C_r \quad (5)$$

Стоимость транспортировки грунта на отсыпку определяется по объему перевезенного грунта ( $V_r$ ) и зависит от расстояния его перевозки, определяется по тарифам ( $T$ ).

В прил 4 представлены "Тарифы на перевозку грунта автомобильным транспортом"

$$C_{T \Gamma} = V_r \times T \quad (6)$$

Затраты на откачку воды из траншеи при ремонте трубопроводов

$$Z_{O \text{ в}} = C_H \cdot t, \quad (7)$$

где  $C_H$  - стоимость почасовой эксплуатации насоса для откачки воды руб/час,

$t$  - время работы насоса, час

2 I 2 Затраты на сбор разлитой нефти и ликвидацию замасоченности почвы

Затраты на сбор разлитой нефти (жидкости) и ликвидацию замасоченности почвы являются затратами на ликвидацию последствий отрыва (аварии), т.е.  $Z_{\text{лпа}} = Z_{\text{об}} + Z_{\text{в}}$

Исходя из условий предприятия, можно определять величины удельных затрат на сбор и вывоз 1 м<sup>3</sup> разлитой жидкости и на ликвидацию замасоченности 1 м<sup>2</sup> почвы. Тогда

$$Z_{\text{лпа}} = Z_{\text{об}} + Z_{\text{в}} = \alpha_x \cdot V + \alpha_z \cdot S, \quad (8)$$

где  $\alpha_x$  - удельные затраты на сбор и вывоз 1 м<sup>3</sup> разлитой жидкости, руб/м<sup>3</sup>,

$V$  - количество во собранной и вывезенной жидкости, м<sup>3</sup>;

$\alpha_z$  - удельные затраты на ликвидацию замасоченности 1 м<sup>2</sup> почвы, руб/м<sup>2</sup>,

$S$  - замасоченная площадь, м<sup>2</sup>.

В приложении 5 приведено определение удельных затрат на сбор разлитой нефти (жидкости) и ликвидацию замасоченности почвы

В зимнее время возможна уборка и вывоз зматузюнного снега  
 Затраты по уборке и вывозу снега также приводятся в приложении 4

2 I 3. Ущерб от безвозвратно потерянной при разливе нефти

$$Y_H = C_H \times V_H, \quad (9)$$

где  $C_H$  - оптовая цена нефти руб/т, установленная согласно пре-  
 скуранту цен на нефть по группам обязательств,

$V_H$  - количество потерянной нефти, т

$$V_H = V_{изл} - V_C, \quad (10)$$

где  $V_{изл}$  - количество излившейся нефти, т,

$V_C$  - количество собранной нефти, т

2 2 Ущерб от вынужденного простоя трубопровода

Ущерб от простоя трубопровода системы сбора нефти рассчиты-  
 вается по формуле

$$Y_{\pi} = (KE + A) Q_{\pi p} t, \quad (11)$$

где  $K$  - удельные капитальные вложения в тонну добываемой  
 на промысле нефти, руб/т (берутся по бухгалтерским  
 данным),

$E$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных  
 вложений в нефтедобычу,

$A$  - удельные эксплуатационные расходы на промысле, руб/т  
 (берутся по бухгалтерским данным),

$Q_{\pi p}$  - расход нефти по простаивающему участку трубопровода  
 т/ч (берется по регламенту работы системы сбора),

$t$  - время простоя трубопровода, ч (берется по акту обследо-  
 вания аварии)

В случае переключения скважин при аварии на другой скважин-  
 год величина ущерба  $Y_2$  определяется исходя из снижения пропускной  
 способности скважин в результате подъема давления на устье скважины

при переключении. В этом случае вместо величины  $Q_{гр}$  в формулу подставляется величина снижения производительности скважин, определенная путем их замера.

В случае отсутствия некоторых составляющих удельного эксплуатационного расхода  $A$  на тонну добываемой нефти при простое участка нефтесбора (затраты на электроэнергию, ингибиторы коррозии, поверхностно-активное вещество и т. д.) их следует исключать из величины  $A$ .

### 2.3. Ущерб от загрязнения окружающей среды

Ущерб от загрязнения окружающей среды складывается из ущерба от загрязнения земельных угодий, ущерба от загрязнения водоемов и ущерба от загрязнения атмосферы.

2.3.1. Ущерб от загрязнения земельных угодий нефтью, соленой водой состоит из ущерба в сельском хозяйстве и ущерба в лесном хозяйстве.

Ущерб от загрязнения земельных угодий сельского хозяйства равен

$$U_{сх} = \sum_{i=1}^K S_i (C_{п_i} + C_{р_i}), \quad (12)$$

где  $S_i$  - загрязненная площадь, занятая культурой  $i$ -го вида, га,

$C_{п_i}$  - ущерб, нанесенный посевам (или угодьям), руб/га,

$C_{р_i}$  - затраты на рекультивацию, руб/га,

$K$  - количество видов культур или угодий (верблюды, травы, туга и т. п.) на загрязненном участке.

Затраты на рекультивацию  $C_{р_i}$  определяются по сметной стоимости рекультивационных работ, входящей в состав технического проекта рекультивации земель, загрязненных нефтью [17].

Слагаемое  $C_{п_i}$  определяется по формуле [21]

$$C_{п_i} = U_i (q_i + T_{вч} \cdot \Delta q_i), \quad (13)$$

где  $Ц_i$  - районная закупочная цена  $i$ -ой культуры, руб/ц

$q_i$  - средняя урожайность  $i$ -ой культуры (вычисляются по данным отчетности за предыдущие 5 лет), ц/га,

$\Delta q_i$  - среднегодовой недобор урожая в последующие годы, ц/га,

$T_{вч}$  - период восстановления урожайности, год

Ущерб, нанесенный лесному хозяйству определяется по формуле

/20/

$$У_{лх} = \sum_{i=1}^m S_i (Ц_d + C_{ул} + Ц_c + C_c), \quad (14)$$

где  $S_i$  - загрязненная площадь, занятая лесной культурой  $i$ -го вида, га,

$Ц_d$  - потеря стоимости древесины  $i$ -го вида на корню после загрязнения, исчисляемая по действующим ценам, руб/м<sup>3</sup>

$C_{ул}$  - затраты на приведение почвы в пригодное состояние (сюда входит стоимость работ по уборке поврежденных деревьев и кустарников, колючие пней, рекультивация земель и т.д.) руб/га;

$Ц_c$  - стоимость посадки саженцев взамен погибших культур руб/га,

$C_c$  - стоимость выращивания саженцев до возраста смыкания кроны, руб/га,

$m$  - количество видов рассматриваемых лесных культур

Затраты на приведение почвы в пригодное состояние  $C_{ул}$  определяются по сметной стоимости рекультивационных работ, входящих в состав технического проекта рекультивации земель загрязненных нефтью /17/

### 2.3.2 Ущерб от загрязнения водоемов

Ущерб от загрязнения водоемов при попадании в них нефти определяется по формуле /10/

при валповом сбросе

$$U_{\text{вз}} = Z_3 \cdot K_{\text{кат}}, \quad (15)$$

где  $Z_3$  - величина ущерба от загрязнения водных объектов при валповом сбросе, тыс руб ,

$K_{\text{кат}}$  - коэффициент, учитывающий категорию водного объекта

Значения  $Z_3$  принимаются в зависимости от массы сброшенных загрязняющих веществ  $P$  по таблицам приложения 6,  $K_{\text{кат}}$  по таблице приложения 7

В случае принятия мер по ликвидации последствий загрязнения юд величина ущерба, рассчитанная по методике, снижается в зависимости от количества собранных загрязняющих веществ и времени ликвидации загрязнения

Размер ущерба в случае принятия мер по ликвидации последствий загрязнения устанавливается расчетным путем по формулам

при валповом сбросе

$$U_{\text{зм}} = U_{\text{вз}} \left(1 - \frac{\alpha}{100} \cdot K_{\text{сн}}\right), \quad (16)$$

где  $\alpha$  - процент собранной нефти по массе в течение времени  $t$ , подтвержденный документально,

$K_{\text{сн}}$  - коэффициент снижения величины ущерба при принятии мер по ликвидации последствий загрязнения, определяемый по таблице прил 8 в зависимости от времени, прошедшего от окончания сброса до окончания сбора нефти.

Ущерб от попадания солей, растворенных в пластовой воде, в водоем определяется по формуле /21/

$$U_c = f \cdot B \cdot M_c, \quad (17)$$

где  $B$  - безразмерный коэффициент, значение которого принимается по /21/ в зависимости от бассейна реки,

$f$  - коэффициент, численное значение которого равно 4000 руб/усх т,

$M_c$  - приведенная масса солей, попавших в водоем, усл т  
 Значение  $M_c$  определяется по формуле

$$M_c = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i, \quad (18)$$

где  $i$  - вид обрасываемых солей,

$n$  - число видов обрасываемых солей,

$m_i$  - масса солей  $i$ -го вида, т,

$A_i$  - показатель относительной опасности солей каждого вида численно равный величине обратной значению предельно допустимой концентрации (ПДК, мг/л), усл т/т

Для сульфатов значение  $A_i = 0,01$  усл т/т,

для хлоридов  $A_i = 0,003$  усл т/т

2.3.3 Ущерб от попадания паров нефти в атмосферу определяется по формуле

$$Y_a = B \cdot M_n, \quad (19)$$

где  $B$  - величина удельного ущерба от попадания паров нефти в атмосферу, тно руб/т,

$M_n$  - масса паров нефти, выделившихся в атмосферу при аварии на трубопроводе, т

Для малонаселенных районов с невысоким уровнем развития хозяйства  $B = 0,18$  тно руб/т;

для густонаселенных и высокоиндустриальных районов  $B = 0,27$  тно.руб/т.

Формулой (2) определена приведенная  
потеря напора в отверстии, а не перпендикуляр  
давления, как утверждают авторы при 1.



## ПРИЛОЖЕНИЕ I

СПИСОК ФОРМУЛ КОЛИЧЕСТВА ПЕЧКИ, ГАЗА И ВОДЫ  
ИЗЫМАЮЩИХСЯ ИЗ ТРУБОПРОВОДА И АППАРАТА ПЕЧИ  
АВАРИИ

I Определение расходов жидкости и газа через отверстие  
в трубопроводе

I I Количество жидкости, вытекающей через отверстие в трубо-  
проводе и из аппарата в единицу времени, определяется по формуле

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gh}, \quad (1)$$

где  $\mu$  - коэффициент расхода отверстия,

$\omega$  - площадь отверстия  $\text{м}^2$ ,

$g$  - ускорение силы тяжести,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;

$h$  - перепад давления в отверстии, м

Перепад давления в отверстии определяется давлением в трубо-  
проводе и аппарате в месте утечки и высотой столба вытекающей жидко-  
сти над отверстием  $h_1$

$$h = \frac{P_x}{\rho g} - h_1, \quad (2)$$

где  $P_x$  - давление в трубопроводе и аппарате, Па,

$\rho$  - плотность вытекающей жидкости,  $\text{кг}/\text{м}^3$

$g$  - ускорение свободного падения  $\text{м}/\text{с}^2$ ,

$h_1$  - высота столба жидкости над отверстием, м (рис 2)

Давление в трубопроводе в месте утечки определяется линией  
гидравлического уклона построенной по показаниям манометров ус-  
тановленных на трубопроводе. Плотность вытекающей жидкости зави-  
сит от ее температуры и обводненности. Эта зависимость определя-  
ется стандартными методами в промышленных лабораториях и должна  
быть известна. Высота столба жидкости над отверстием определяется  
глубиной погружения трубы в глубины выходящего трубопровода

Схема истечения продукции на поверхность  
земли

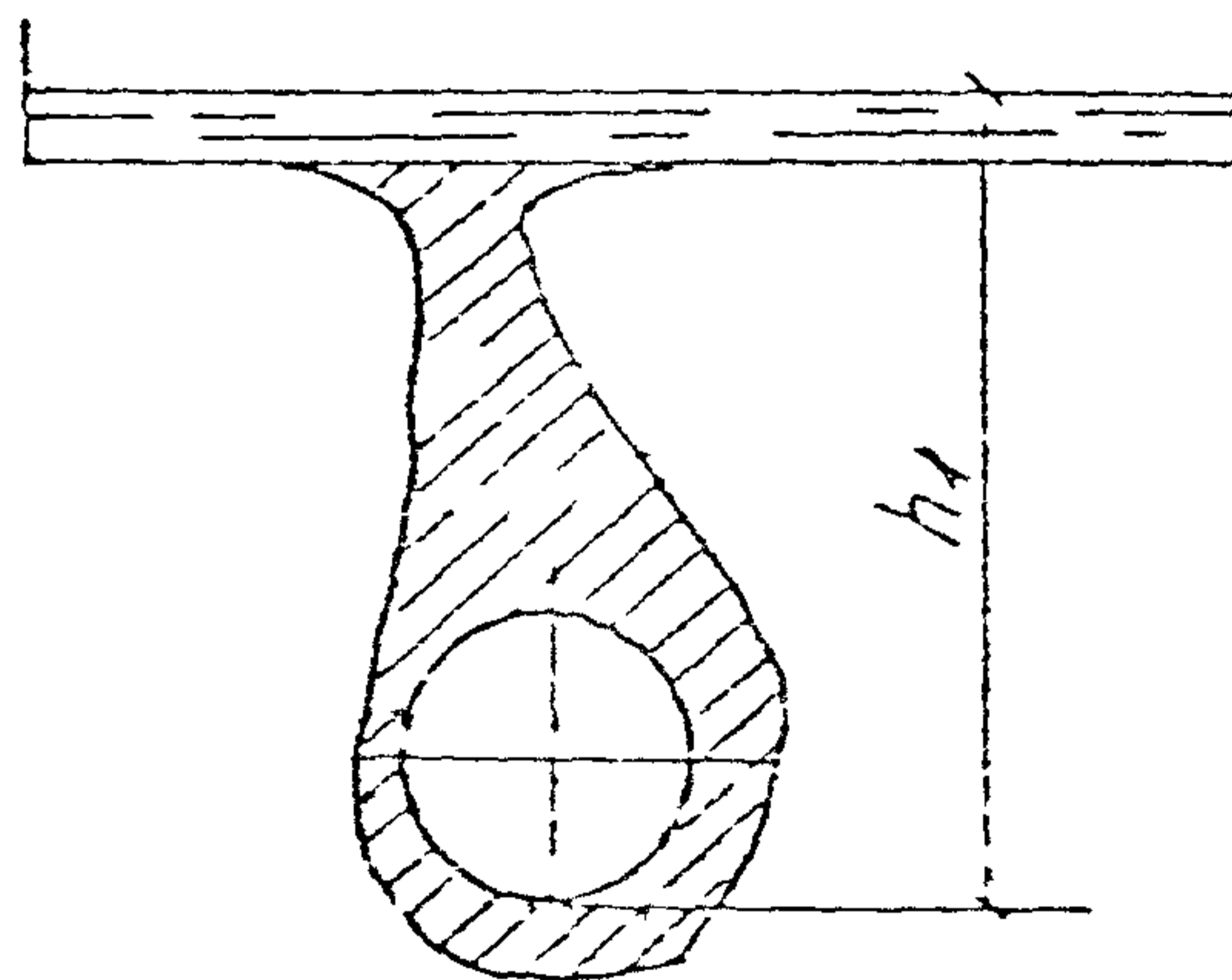


рис 2

Формулы (3), (4), (5), (6) не соответствуют  
 рисунку 3, а именно:

1)  $\mu = Re / (1.5 + 1.4)$  вводится не учитывается на  
 рисунке рис. 3, т.е. при  $Re = 30$   $\mu \approx 10$ , а не 0.5  
 при  $Re = 300$   $\mu \approx 100$ , а не 0.7.

2) Исходный вид в формуле (4) отсутствует, т.е. в  
 $\mu = Re / (1.5 + 1.4 \cdot Re)$ .

3) Не в том случае когда НЕ СТОИМОСТЬ  
 при с другим при  $Re = 25, 200, (400), 10000$ .

Если ввести в формулы (3)-(6) с  
 учетом изменения  $\mu$  в (4) и соответствующим  
 образом  $\mu(Re)$ , как это будет показано  
 рисунком 3, видны следующие пределы:

$$\mu = \begin{cases} Re/48 & (3) \text{ при } Re < 33 \\ Re/(1.5 + 1.4 \cdot Re) & (4) \text{ при } 33 \leq Re < 150 \\ 0.592 + 0.27 / \sqrt[6]{Re} & (5) \text{ при } 150 \leq Re < 10000 \\ 0.592 + 5.5 \sqrt{Re} & (6) \text{ при } Re \geq 10000 \end{cases}$$

Если ввести в формулы (3)-(6)  
 (исходный вид, формула имеет значение,  
 но видны другие пределы).

А. С. Сидоров

15 мая 1996 г.

она определяется путем замера линейкой или мерной лентой. Площадь и диаметр отверстия определяются путем его обмера и вычерчивания на миллиметровой бумаге. Коэффициент расхода отверстия зависит от формы отверстия и режима истечения жидкости из него, определяемого числом Рейнольдса. Для круглых отверстий коэффициент расхода определяется по следующим зависимостям. При малых числах Рейнольдса  $Re < 5$

$$\mu = Re/48, \quad (3)$$

$$Re = \frac{d\sqrt{2gh}}{\nu} \quad - \text{число Рейнольдса,}$$

$d$  - диаметр отверстия в трубопроводе, м,  
 $\nu$  - кинематический коэффициент вязкости вытекающей жидкости,  $\text{м}^2/\text{с}$

Кинематический коэффициент вязкости вытекающей жидкости зависит от ее вязкости и температуры и определяется стандартными методами в нефтепромышленных лабораториях.

В интервале чисел  $25 < Re < 200-400$

$$\mu = \frac{Re}{1,5 + 1,4 Re} \quad (4)$$

Для чисел  $200 \approx 400 < Re < 10000$

$$\mu = 0,597 + \frac{0,27}{\sqrt{Re}} \quad (5)$$

Для чисел  $Re > 10000$

$$\mu = 0,532 + \frac{5,5}{\sqrt{Re}} \quad (6)$$

При  $Re > 300000$  коэффициент расхода практически постоянен и равен 0,5.

Из рис. 3 предположили графики зависимости  $\mu = f(Re)$ , по которым можно определить значения  $\mu$  для соответствующих значений  $Re$ .

Зависимость  $\mu = f(Re)$

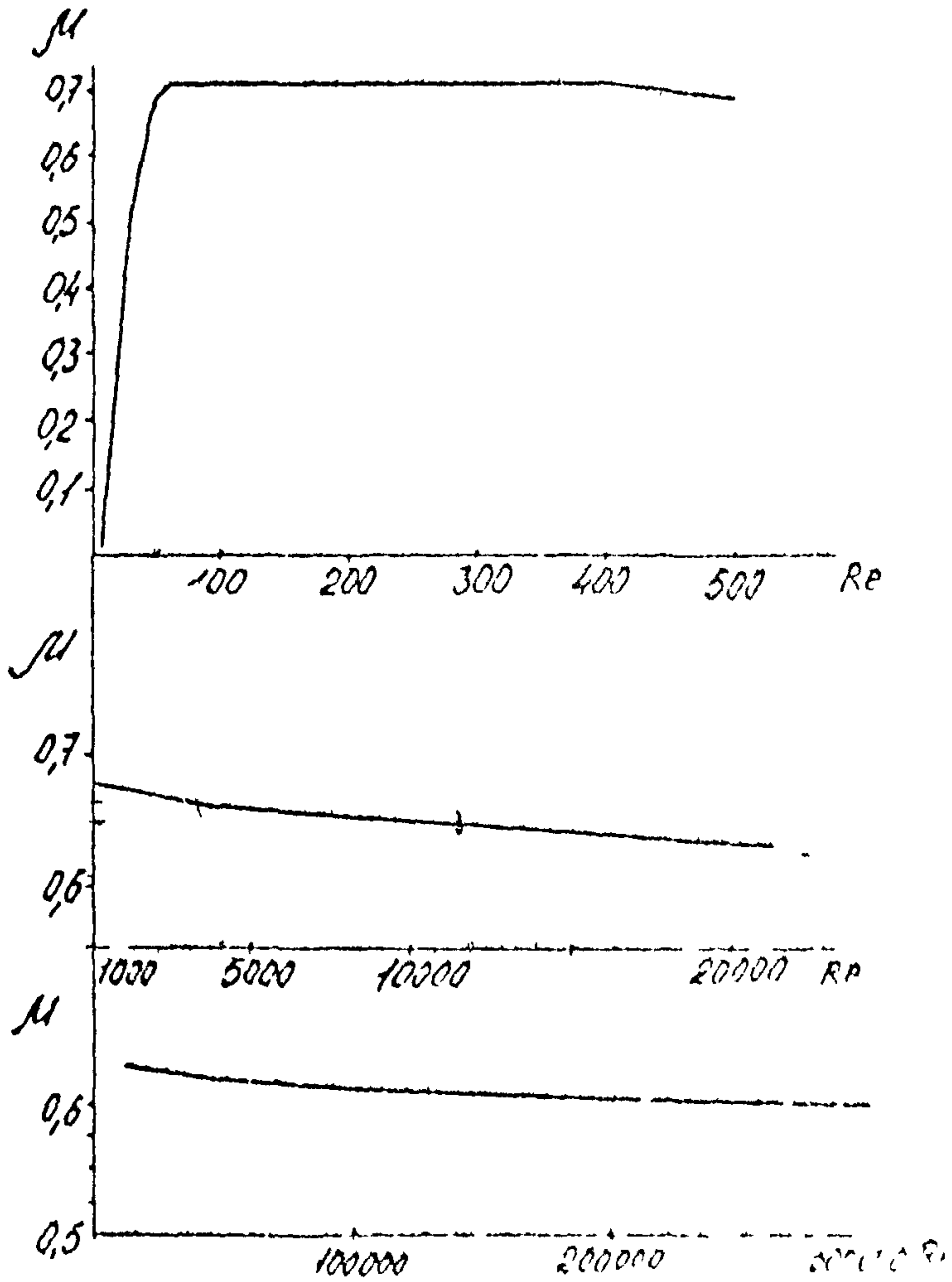


Рис 3

Для определения коэффициента расхода отверстий других форм необходимо подсчитать их площадь  $S$  и по ней рассчитать эквивалентный диаметр по формуле

$$d_{экв} = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \quad (7)$$

На рис. 4 представлены зависимости  $\alpha_{экс} = f(S)$ , по которым графически определяется величина  $\alpha_{экс}$ , соответствующая данному значению  $S$

По найденному эквивалентному диаметру  $d_{экс}$ , также определяется число  $Re$  и по нему по вышеприведенным зависимостям определяется  $\mu_{экс}$

Для оценочных расчетов коэффициент расхода отверстий любых форм можно определять как для круглого отверстия с эквивалентным диаметром

Если излив из трубопровода происходит в течение длительного времени и при этом отверстие увеличивается в размерах (в результате эрозии, коррозии и т.д.), а также изменяется давление, то количество излившейся нефти определяется по изложенной методике, как интегральная величина во времени. Весь отрезок времени истечения разбивается на интервалы, в которых известны все определяющие параметры истечения (размер отверстия, перепад давления и т.д.). Истечения в каждый момент времени определяется по предложенной в данном документе методике. Затем все объемы истечения за рассматриваемые промежутки складываются. Таким образом определяется весь фактический объем продукта.

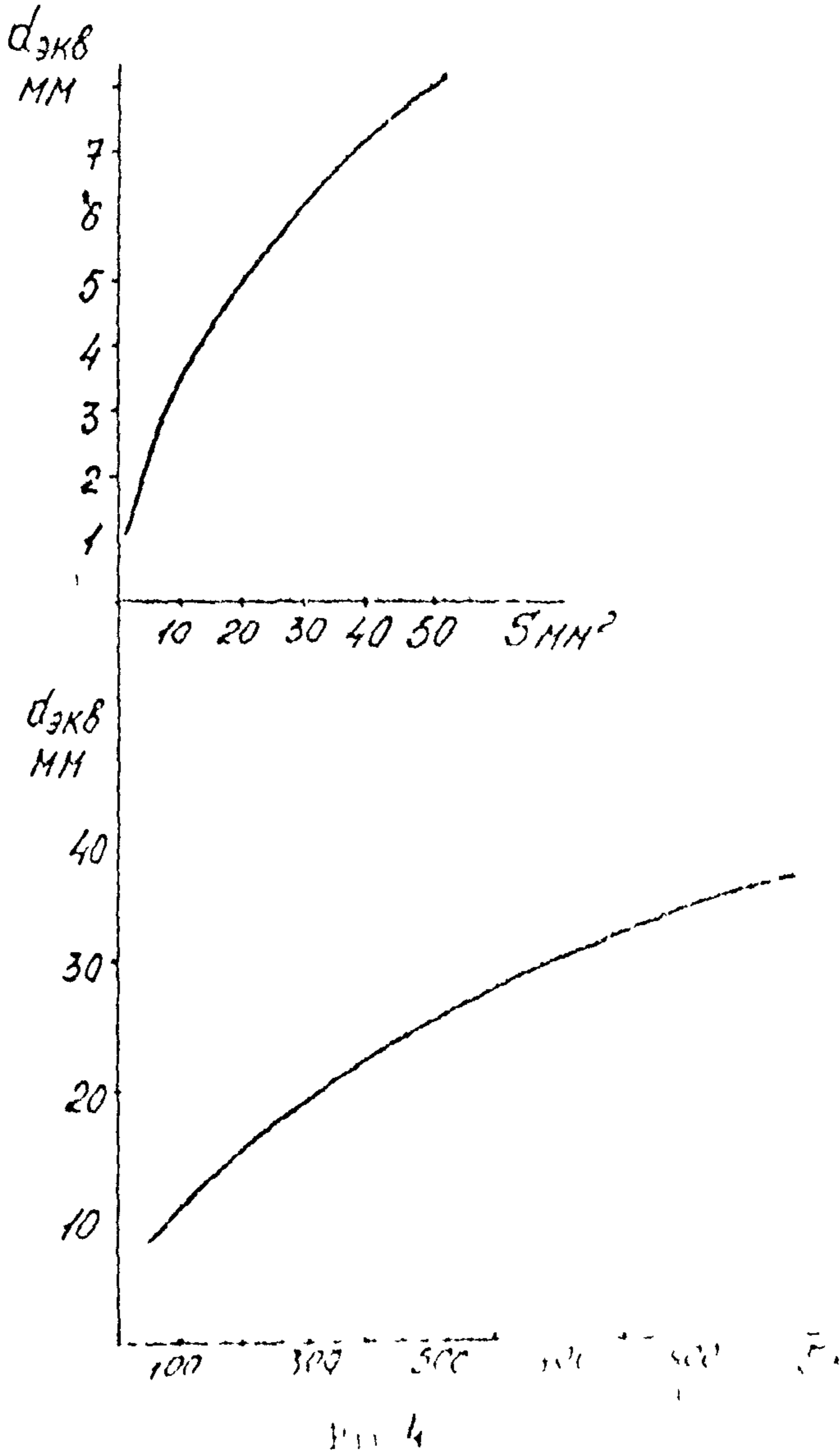
1.2. Расход газа из отверстия в трубопроводе и аппарате следует определять по формуле

$$M = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2 \frac{R}{R-1} \rho_1 \rho_2 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{2/R} - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{R+1} \right]}, \quad (8)$$

где  $\mu$  - коэффициент расхода отверстия,

Зависимость

$$d_{\text{снб}} = f(S)$$



- $\omega$  - площадь сечения отверстия, м<sup>2</sup>,  
 $R$  - показатель адиабаты для газа,  
 $P_1$  - давление в трубопроводе, Па,  
 $P_2$  - давление вне отверстия, Па,  
 $\rho$  - плотность газа в трубопроводе, кг/м<sup>3</sup>

Для смеси углеводородных газов можно принять  $R = 1,40$

Плотность газа в трубопроводе и аппарате определяется из выражения

$$\rho_1 = \rho_2 \frac{P_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot P_2} \quad (9)$$

где  $\rho_1$  - плотность газа при давлении  $P_1$  (Па) и температуре  $T_1$  (К), - кг/м<sup>3</sup>,

$\rho_2$  - известная плотность газа при известных давлениях (Па)  $P_2$  и температуре  $T_2$  (К), кг/м<sup>3</sup>

Выражение (8) используется для определения массового расхода газа через отверстие при значениях  $\beta = \frac{P_2}{P_1} > \beta_{кр}$

Значение  $\beta_{кр}$  определяется показателем адиабаты для смеси и равно  $\beta_{кр} = \left(\frac{2}{R+1}\right)^{\frac{R}{R-1}}$  Для смеси газов с показателем адиабаты  $R = 1,4$   $\beta_{кр} = 0,528$

При значениях  $\beta < \beta_{кр}$  массовый расход газа через отверстие не зависит от давления  $P_2$  и во всем интервале  $0 < \beta < \beta_{кр}$  определяется по формуле

$$M_{max} = 0,685 \mu \omega \cdot \sqrt{P_1 \cdot \rho_1} \quad (10)$$

Коэффициент расхода отверстия зависит от многих факторов (вязкости втекающего продукта, шероховатости отверстия, остроты его края и т.д.) но в основном определяется степенью сжатия газа:

$$\eta = \frac{\omega_0}{\omega_1},$$



где  $\omega_0$  - площадь отверстия,  $\text{м}^2$ ,

$\omega_1$  - площадь сечения трубопровода и аппарата,  $\text{м}^2$

Значения коэффициента расхода отверстия при различной степени сжатия  $\beta$  приведены в таблице

Значения коэффициента расхода отверстий

Степень сжатия	Коэффициент расхода	Степень сжатия	Коэффициент расхода
0	0,611	0,5	0,676
0,1	0,614	0,6	0,724
0,2	0,622	0,7	0,797
0,3	0,634	0,8	0,887
0,4	0,650		

Влиянием остальных факторов при выполнении оценочных расчетов можно пренебречь

## 2. Определение давления в трубопроводе в точке истечения продукта

Возможны два случая истечения

- из работающего трубопровода,
- из остановленного трубопровода

### 2.1. Истечение из работающего трубопровода

Давление в точке истечения определяется по приведенной профилю участка по формуле

$$P_x = P_1 - \frac{P_1 - P_2 + (z_1 - z_2) \rho_{сж} g L_x}{L} + (z_1 - z_x) \rho_{сж} g$$

где  $P_x$  - давление в точке истечения, Па (рис. 1)

$P_1$  - давление в начале участка, Па

$P_2$  - давление в конце участка, Па

$z_1, z_2, z_x$  - отметки оси трубопровода в начале, конце и в точке истечения, м

Схема отвода воды давлением в форме колебаний  
продукции из вертикального трубопровода

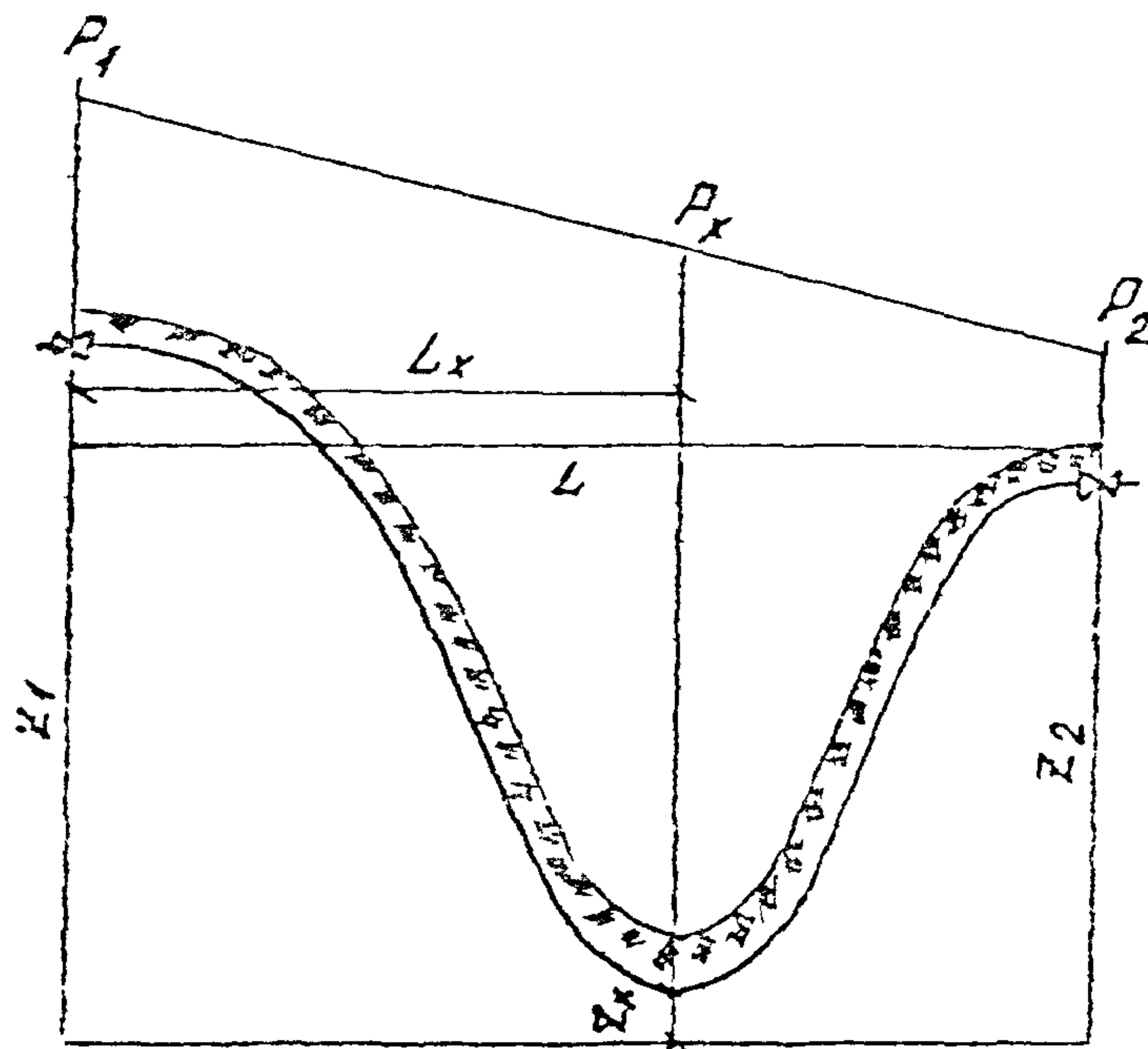


Рис 5

$\rho_{см}$  - плотности транспортируемой смеси,  $кг/м^3$ ,  
 $g$  - ускорение свободного падения,  $м/с^2$

Плотность смеси определяется из рн и значит

$$\rho_{см} = \rho_g \cdot \alpha + \rho_x \cdot (1 - \alpha), \quad (12)$$

где  $\rho_g$  - плотность газа при рабочем давлении в трубопроводе,  $кг/м^3$ ,

$\rho_x$  - плотность транспортируемой жидкости,  $кг/м^3$ ,

$\alpha$  - истинное газосодержание в трубопроводе

Истинное газосодержание в трубопроводе должно быть известно по выполненному ранее гидравлическому расчету или определено в соответствии с [22].

## 2.2 Истечение из остановленного трубопровода

Жидкая фаза в трубопроводе стремится занять пониженные участки трассы. Происходит перераспределение жидкой и газовой фаз. В результате такого перераспределения эвюра распределения давления по длине трубопровода будет зависеть от давления в начале участка и в его конце перед закрытием задвижек (задвижки считаем герметичными), а также профиля трассы, в соответствии с которым происходит перераспределение жидкой и газовой фаз. При этом такого перераспределения показан на рис. 6. Здесь вся жидкая фаза располагается в одном пониженном месте, так этому способствует профиль трассы. Количество жидкой фазы, скопившейся в пониженном месте, будет равно

$$Q_{ж} = \frac{\pi \cdot D_{вн}^2}{4} \cdot L \cdot (1 - \alpha), \quad (13)$$

где  $D_{вн}$  - внутренний диаметр трубопровода, м;

$L$  - длина отсеченного задвижками участка, м,

$\alpha$  - истинное содержание газовой фазы в трубопроводе

Она соответственно займет на пониженном участке длину

$$L_1 = L \cdot (1 - \alpha), \quad (14)$$

Схема распределения давления в точке истечения  
продукта из остановленного трубопровода

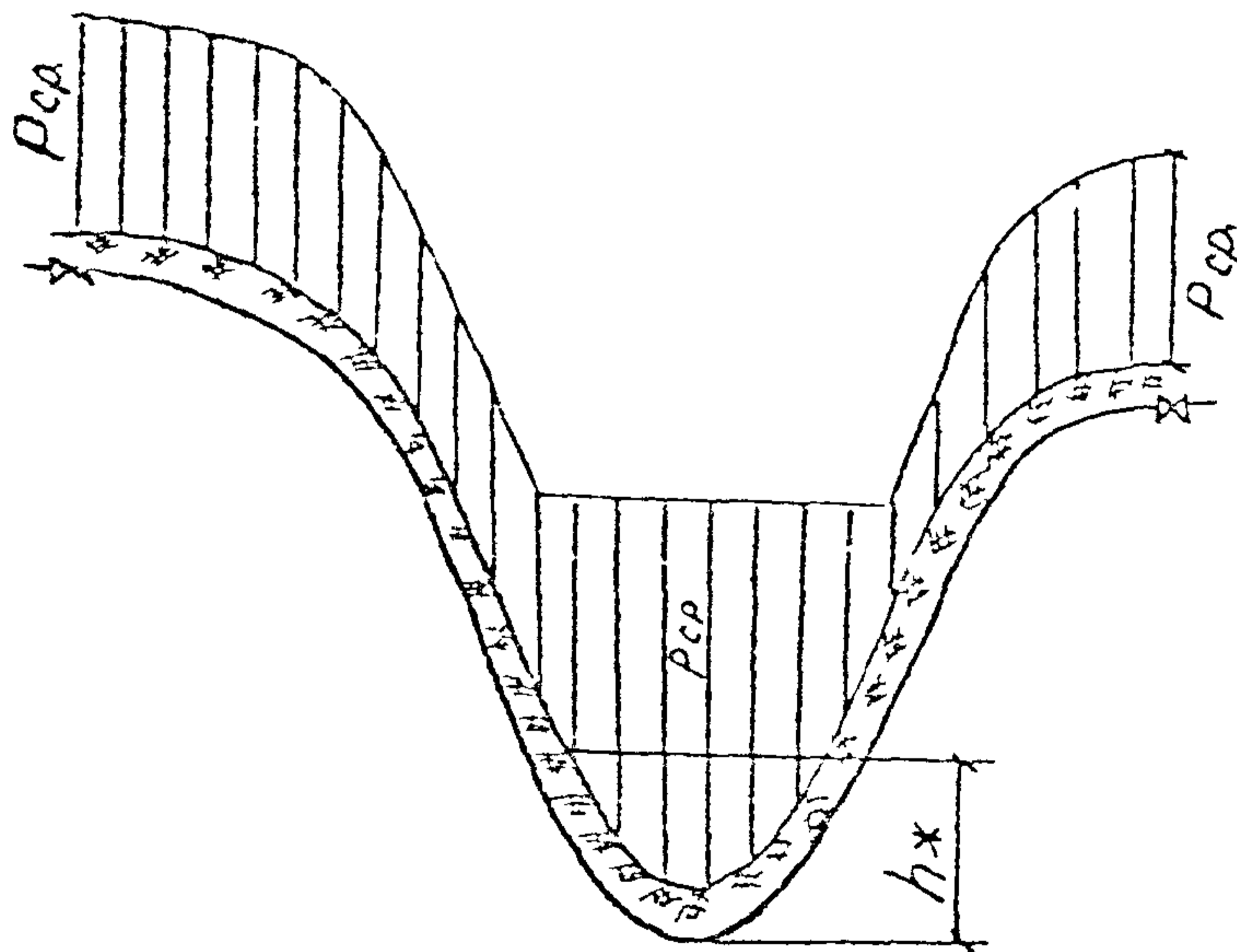


Рис 6

Уровень жидкости над точкой истечения в трубопроводе будет иметь величину  $h_x$ , определяемую графически по профилю трубы и длине  $L_1$

Давление в газовой фазе будет равно

$$P_{cp} = \frac{P_1 + P_2}{2} \quad (15)$$

Если пренебречь весом столба газовой фазы, то давление в трубопроводе в точке истечения будет равно

$$P_x = P_{cp} + h_x \cdot \rho_x \cdot g, \quad (16)$$

где  $h_x$  - статическое давление столба жидкости над точкой истечения, м (определяется графически по расположению жидкостной пробки)

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИВОВ НЕФТИ, ГАЗА И ВОДЫ  
В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Величина ущерба окружающей среде от разлива транспортируемой по пневматическому трубопроводу продукции зависит от ее распределения в этой среде

Выливающаяся нефть аккумулируется в земле вокруг трубопровода, просачивается на поверхность, впитывается в грунт в месте разлива, испаряется в воздух, попадает в водоем

1. Количество нефти, аккумулированное грунтом до выхода на поверхность земли, зависит от скорости утечки и глубины заложения трубопровода /7/ и определяется по графику (рис 7). В зависимости от глубины заложения и скорости утечки по графику определяется время  $t$ , необходимое для проникновения нефти на поверхность земли. Объем количества нефти, аккумулированное грунтом, определяется как произведение скорости утечки  $Q$  на время  $t$

2. Количество нефти, растекающейся по поверхности земли, определяется по площади разлива и средней глубине разлива. Площадь разливаемой нефти определяется с помощью инструментальных методов. Средняя глубина разлива определяется путем ее измерения мерной линейкой в нескольких местах и определения средней арифметической величины

3. Количество нефти, впитываемой в грунт в результате разлива, зависит от объема вмещающего грунта и его нефтеемкости и определяется по формуле /11/

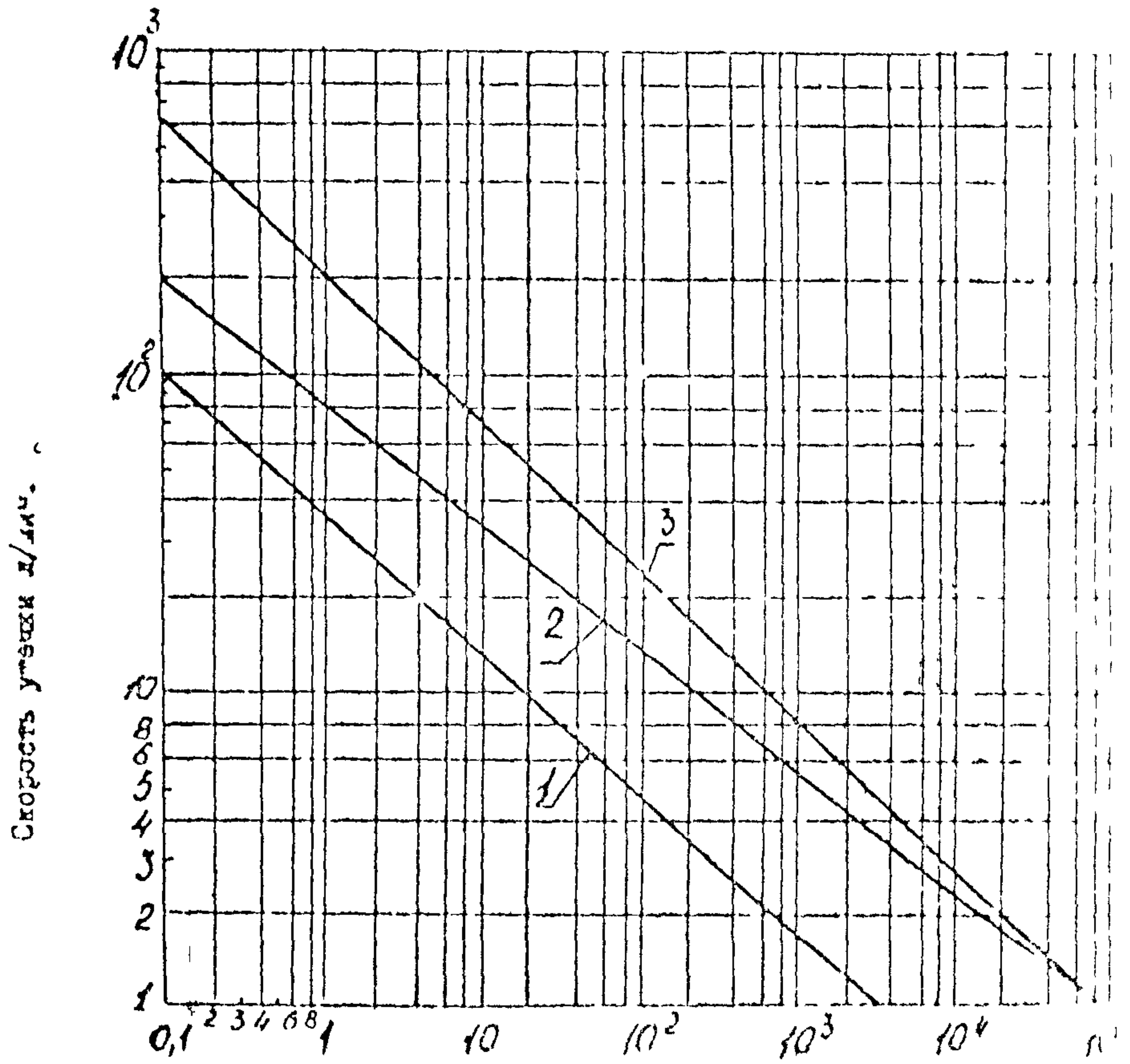
$$G_{вп} = K_H \cdot \rho_H \cdot V_{гп} \quad \text{кг} \quad (1)$$

где  $K_H$  - нефтеемкость грунта, определяемая по табл. 1,

$\rho_H$  - плотность нефти  $\text{т/м}^3$ ,

$V_{гп}$  - объем грунта, пропитанного нефтью  $\text{м}^3$

Зависимость времени проникновения нефти  
на поверхность земли от скорости утечки



Время проникновения нефти на поверхность земли, мин

1. Экспериментальная зависимость ( $P = 10$  кг/см<sup>2</sup>,  $H = 0,4$  м),
2. Экспериментальная зависимость ( $P = 10$ ,  $\sigma$  кг/см<sup>2</sup>,  $H = 0,4$  м),
3. Экспериментальная зависимость ( $P = 20, 40, 60$  кг/см<sup>2</sup>,  $H = 1,1$  м)

Рис. 7

Таблица I

## Нефтеемкость грунтов

Наименование грунтов	Влажность грунта %				
	0	20	40	60	80
Гравий (диам частиц от 2 до 20 мм)	0,30	0,24	0,18	0,12	0,06
Пески (диам частиц от 0,05 до 2 мм)	0,30	0,24	0,18	0,12	0,06
Кварцевый песок	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05
Сунесь, суглинок	0,35	0,28	0,21	0,14	0,07
Суглинок легкий	0,47	0,38	0,28	0,18	0,10
Глинистый грунт	0,20	0,16	0,12	0,08	0,04
Торфяной грунт	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10

Объем нефтенасыщенного грунта вычисляют по формуле

$$V_{гр} = S_{гр} \cdot h_{ср} \quad (2)$$

где  $S_{гр}$  - площадь поверхности нефтенасыщенного грунта,  $m^2$ ;

$h_{ср}$  - средняя глубина пропитки грунта на всей площади поверхности нефтенасыщенного грунта, м

Среднее значение  $h_{ср}$  вычисляют как среднее арифметическое, определенное из шурфовок (не менее 5 равномерно распределенных по всей поверхности)

4. Количество газа, выделившегося в атмосферу при истечении газифицированной жидкости из трубопровода, определяется по кривой разгазирования (рис В)

Если известно количество выдлившейся из трубопровода жидкости  $V_{ж}$  при рабочем давлении в трубопроводе  $P_{ср}$ , ее обводненность  $\varphi$ , то количество газа, выделившегося в атмосферу при разгазировании жидкости, будет равно

$$V_{газ} = V_{ж} \cdot (1 - \varphi) \cdot \Gamma_{расгв н} + V_{ж} \cdot \Gamma_{расгв в} \quad (3)$$



Кривые разделения

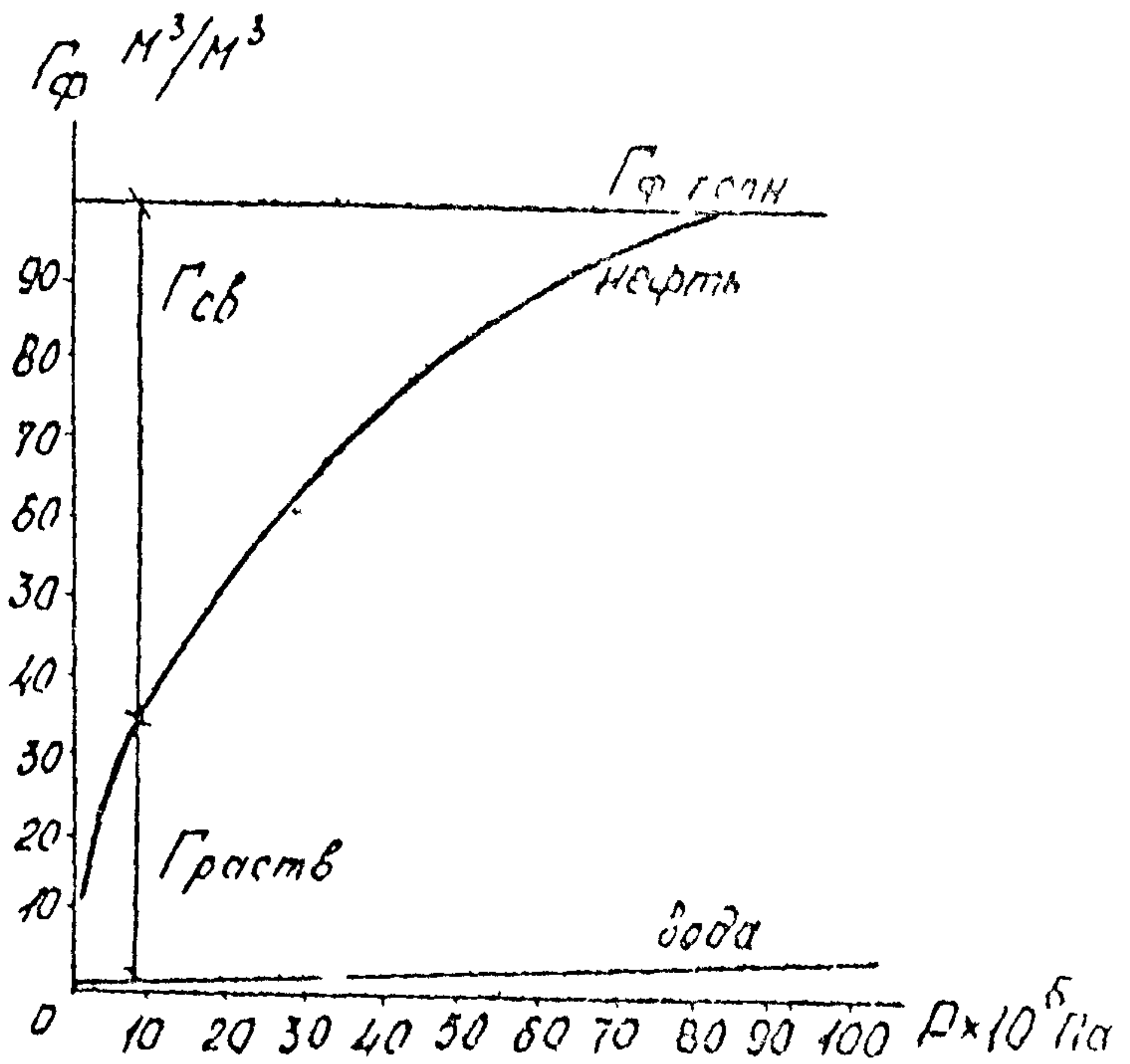


Рис 8

- где  $G_{расг\delta n}$  - количество растворенного газа в нефти при рабочем давлении,  $м^3/м^3$ ,  
 $G_{расг\delta в}$  - количество газа, растворенного в воде при рабочем давлении  $м^3/м^3$ ;  
 $V_{в}$  - количество вылившейся из трубопровода жидкости,  $м^3$ .

5. Количество нефти, испарившейся с поверхности земли при разливе, определяется по формуле

$$G_{исп} = \frac{36 \cdot 10^{-4} \phi S_N \cdot h_N^{0,75} \cdot \rho_N \cdot \tau_N}{392,5 \phi (2 - v^2) \cdot h_N^{0,13} \cdot t_{ср} + \tau_N}, \quad (4)$$

- где  $G_{исп}$  - потери нефти от испарения с открытой поверхности, кг,  
 $\phi$  - фракционный состав нефти до  $200^\circ C$ , % вес,  
 $S_N$  - площадь испарения нефти,  $м^2$ ,  
 $h_N$  - глубина разлива нефти, м,  
 $\rho_N$  - плотность нефти,  $т/м^3$ ,  
 $\tau_N$  - продолжительность испарения, ч,  
 $v$  - скорость ветра над свободной поверхностью нефти, м/с;  
 $t$  - средняя температура поверхности нефти,  $^\circ C$ .

Расчет потерь нефти от испарения с открытой поверхности можно вести по номограмме (рис.9), графически описывающей эту формулу

По номограмме по заданным значениям скорости ветра над разливом, температуре поверхности нефти, глубине разлива и времени испарения определяются значения функций  $F_1$  и  $F_2$ . Масса испарившейся нефти определяется по формуле

$$M = \frac{S \cdot \rho}{F_1 + F_2}, \quad (5)$$

- где  $S$  - площадь разлива,  $м^2$ ,  
 $\rho$  - плотность нефти,  $т/м^3$

Номограмма для определения массы испарившейся нефти при разливе нефти по поверхности земли

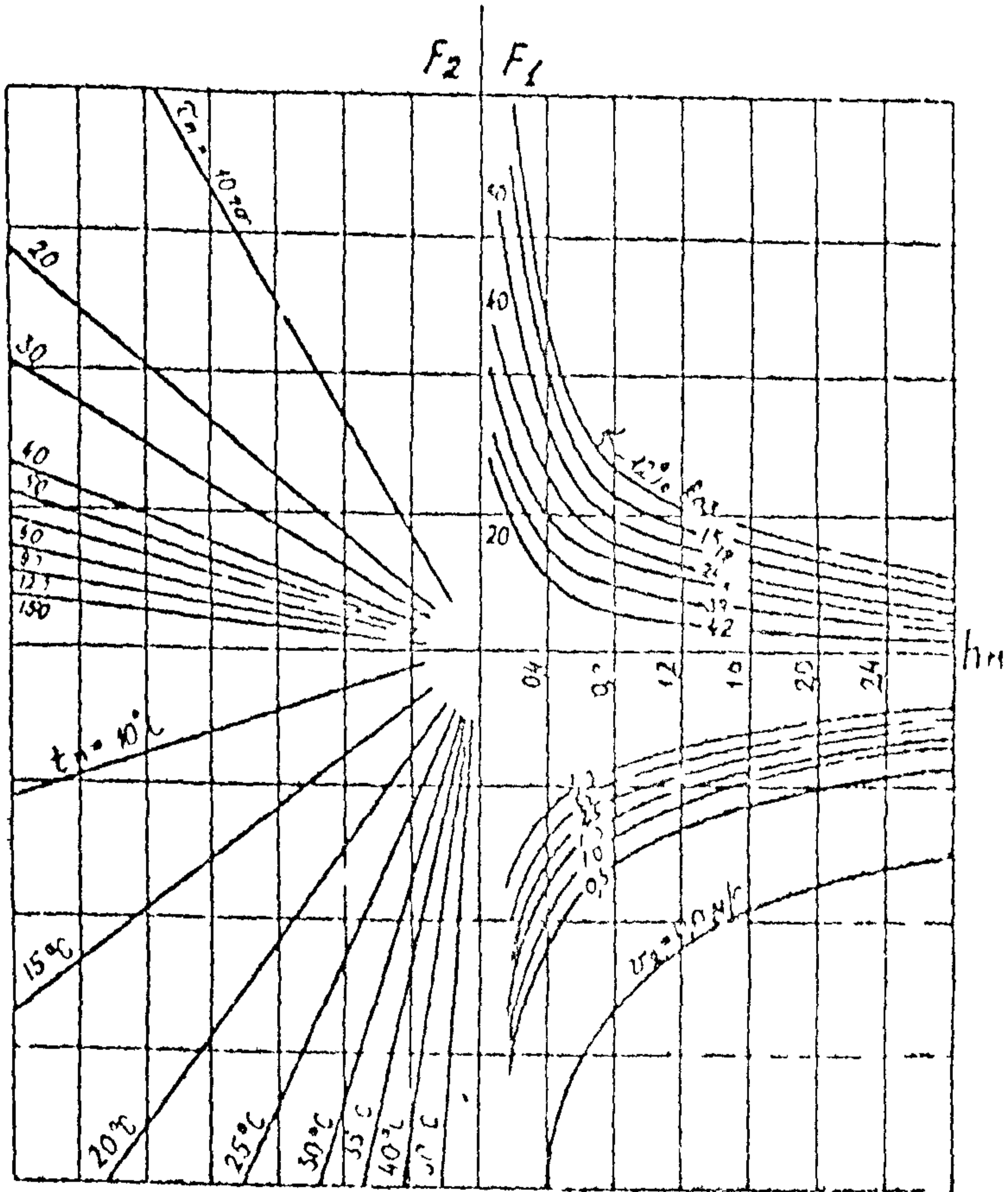


Рис 9

5.1 фракционный состав нефти до 200°C принимают согласно напорным характеристикам нефти из соответствующих источников, по данным лабораторного анализа или рассчитывают по формуле

(при  $\mu_{20} \leq 0,37 \text{ П}$ ,  $\rho = 795-890 \text{ кг/м}^3$ )

$$\phi = \left( \frac{\mu_{20} - \mu_{50}}{\mu_{20} \cdot \mu_{50}} \right)^{0,67}, \quad (6)$$

где  $\mu_{20}, \mu_{50}$  — динамический коэффициент вязкости нефти при 20 и 50°C соответственно, П

В табл. 2 приведен ряд значений параметра  $\phi$  для соответствующих  $\mu_{20}, \mu_{50}$ . Данными таблицы можно пользоваться при ориентировочных расчетах.

Таблица 2

Зависимость  $\phi = f(\mu)$

$\mu_{50} \backslash \mu_{20}$	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
0,005	32,4							
0,010	18,85	20,15						
0,015	13,3	15						
0,020	9,8	11,8	11,9	12,65	13,0			
0,025		9,8	10,4	10,7	11,0	11,15		
0,030		6,1	9,05	9,3	9,6	9,8	9,83	
0,050			5,67	6,1	6,3	6,50	6,6	6,75
0,075			3,57	4,1	4,6	4,65	4,8	4,9
0,100					3,3	3,55	3,7	3,8
0,15						2,23	2,44	2,6
0,20							1,65	1,85

5.2 Поверхность разлитой нефти определяется путем инструментальных замеров. Глубина разлива нефти определяется как средняя величина из нескольких замеров в характерных точках.

5.3 Скорость ветра измеряется на высоте 0,1 м над поверхностью, и если  $U > 5,0 \text{ м/с}$ , то принимают  $U = 5,0 \text{ м/с}$ .

В случае, когда имеются данные о скорости ветра, взятые по данным метеостанции  $U_{cp}$ , скорость ветра пересчитывают по формуле

$$U = K_B \cdot K_n \cdot U_{cp}, \quad (7)$$

Коэффициент пересчета скорости ветра  $K_B$  берется из таблицы в зависимости от высоты установки на метеостанции флага  $H_{cp}$  над уровнем земли

Таблица 3

Значение коэффициента  $K_B$  от высоты  $H_{cp}$

$H_{cp}, м$	8	10	12	14	16	18	20
$K_B$	0,78	0,76	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69

Коэффициент пересчета  $K_n$  зависит от характера поверхности почвы в месте разлива и берется по табл. 4

Таблица 4

Значения коэффициента  $K_n$

Характеристика поверхности	$K_n$
Водная поверхность	0,55
Почва без растительности	0,50
Пашное поле	0,45
Луг с растительностью до 1 м	0,40
Кустарник	0,35
Опушка леса, просека	0,30-0,40

5.4 Среднюю температуру поверхности нефти в течение времени испарения определяют по формуле

$$t_{n,cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{n,i}, \quad (8)$$

где  $N$  - количество го с, ток, в течение которых происходило испарение,

$t_{\text{н.с}}$  - средняя температура поверхности нефти в течение суток, °С

Среднюю температуру поверхности нефти в течение суток определяют по формуле

$$t_{\text{н.с}} = 0,5(t_{\text{н}} + t_{\text{в}}), \quad (9)$$

где  $t_{\text{н}}$  - средняя температура нефти в течение дня, принимается как средняя температура поверхности воды, измеряемая в течение светового дня (3 раза), °С,

$t_{\text{в}}$  - средняя температура воздуха, принимается равной температуре воздуха во время захода солнца, °С

Когда температура поверхности нефти  $t_{\text{н.с}}$  меньше +5°С, потери от испарения принимают равными нулю

6 Количество нефти, попавшей в водоемы, может быть определено следующими способами

а) по результатам инструментальных измерений массы нефти в единице площади поверхности воды и концентрации растворенной под слоем разлива нефти и площади разлива, определенной с помощью аэрофотосъемки или других инструментальных методов.

б) на основании экспертных оценок загрязненности поверхности воды нефтью и площади разлива,

в) по количеству нефти, собранной нефтесборником или другими нефтесборниками и средствами при ликвидации аварий с учетом эффективности их работы определенной из их технических характеристик

6.1 Определение массы разлитой нефти по инструментальным наблюдениям с учетом фонового загрязнения производится по формуле

$$P_{\text{н}} = (P_{\text{пл розл}} - P_{\text{пл фон}}) S_{\text{н}} \cdot 10^{-6} + (C_{\text{розл}} - C_{\text{фон}}) V_{\text{н}} \cdot 10^{-6}, \quad (10)$$

где  $P_{\text{н}}$  - масса разлитой нефти, т,  
 $P_{\text{пл розл}}$  - масса нефти на 1 м<sup>2</sup> разлива, г/м<sup>2</sup>,

- $P_{пл\ фан}$  - масса пленочной нефти на  $1\ м^2$  годной поверхности, не подверженной влиянию разлива,  $г/м^2$ ,
- $S_H$  - площадь нефтяного разлива,  $м^2$ ,
- $C_{розм}$  - концентрация растворенной в воде нефти под слоем разлива на глубине  $0,3\ м$ ,  $г/м^3$ ,
- $C_{фонм}$  - концентрация растворенной в воде нефти на глубине  $0,3\ м$  во время, предшествующее разливу,  $г/м^3$  (данные о фоновом уровне загрязнения могут быть получены в местных контролируемых органах Госкомгидромета),
- $V_H$  - объем воды, загрязненной растворенной нефтью, равный  $S_H \times 1\ м, м^3$

Для получения данных для подсчета массы разлитой нефти по результатам инструментальных наблюдений необходимо

в четырех-шести точках разлива произвести отбор пленочной нефти пробоотборником с известной площадью. Точки отбора проб выбираются так, чтобы две-три точки находились ближе к центру разлива, а другие две-три точки на его периферии. Из отобранных проб составляется общая проба, в которой весовым методом определяется масса нефти,

- в точках, в которых производится отбор пленочной нефти, с горизонта  $0,3\ м$  отбираются пробы воды для определения концентрации растворенной в воде нефти (определение концентрации растворенной в воде нефти производится одним из методов, указанных в (23),

- в одной-двух точках акватории воды, не подверженной влиянию нефтяного разлива, пробоотборником с известной площадью отбираются пробы пленочной нефти и определяется масса нефти

6.2 Ориентированное количество разлитой нефти по поверхности воды может быть определено на основе экспертных оценок характера поверхности воды (табл 5) и значения площади поверхности /9/

Таблица 5

Масса нефти на 1 м<sup>2</sup> водной поверхности при  
различном внешнем виде нефтяной пленки

Внешние признаки нефтяной пленки	Масса нефти (г) на 1 м <sup>2</sup> водной поверхности
1 Чистая водная поверхность без признаков опалесценции (отсутствие признаков вязкости при различных условиях освещенности)	0
2 Отсутствие пленки и пятен, отдельные радужные полосы, наблюдаемые при наиболее благоприятных условиях освещения и спокойном состоянии водной поверхности	0,1
3 Отдельные пятна и серые пленки серебристого налета на поверхности воды, наблюдаемые при спокойном состоянии водной поверхности, появление первых признаков вязкости	0,2
4 Пятна и пленки с яркими радужными полосами, наблюдаемые при слабом волнении	0,4
5 Нефть в виде пятен и пленки покрывает значительные участки поверхности воды и разбивается при волнении с переходом вязкости к тусклой, матовой коричневой	1,2
6 Поверхность воды покрыта сплошным слоем нефти, хорошо видимой при волнении, цветность темная, темно-коричневая	2,1

6 Площадь разлива может быть определена следующим спосо-

6.1

) диаметр пятна или радиус пятна определяются из диаметра

6.2 диаметр и в процессе измерения следуют измерению диаметра



предметы или сооружения находящиеся поблизости размеры которых известны

Если обследование разлива производится на судне то ширина длина или диаметр пятна разлива могут быть выражены в корпусах инспектируемого судна, длина которого известна,

2) Размер пятна определяется по аэрофотосъемкам водной поверхности с изображением пятна разлива для чего

- на фотографию (или пртчо на ней) накладывается калька с изображенной на ней сеткой со стороной вцдрата 1 мм

- определяется количество квадратов, покрывающих площадь пятна разлива,

- количество квадратов умножается на величину площади соответствующую (при выбранном масштабе аэрофотосъемки) одному мм<sup>2</sup> на кальке,

- масштаб аэрофотосъемки  $m$  определяется по формуле

$$m = H/t,$$

где  $t$  - фокусное расстояние аппарата,

$H$  - высота полета в момент фотографирования, определяется по показаниям навигационных приборов самолета

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ НА РЕМОНТ ТРУБОПРОВОДА  
ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ЕГО УЧАСТКА

Определение затрат на ремонт трубопровода производится для каждого конкретного случая отказа трубопровода.

При отсутствии необходимых данных, можно производить ориентировочный расчет с использованием укрупненных показателей.

Основой расчета являются удельные затраты  $У$  ( $\frac{\text{РУБ}}{\text{М}}$ ) на замену участка трубопровода ( $l$ ) в зависимости от его диаметра ( $d$ ) и длины. Зависимости  $У-d$  и  $У-l$  представлены на рис. 10.

Удельные затраты определены для следующего состава работ:

## 1. Земляные работы:

- оборудование ремонтного котлована;
- планировка площади аварийного участка;
- засыпка траншей бульдозером.

## 2. Ремонтные работы (замена участка трубы):

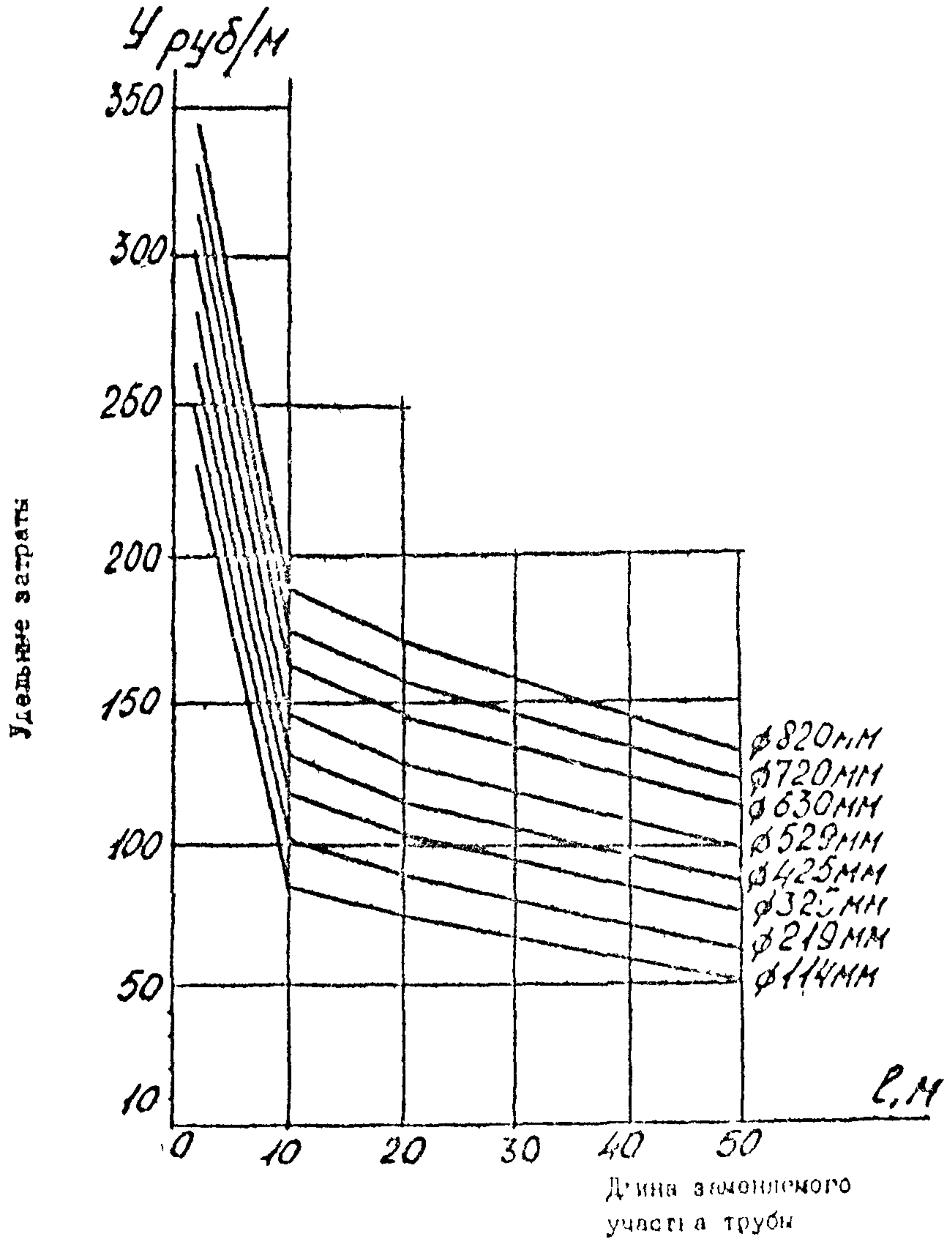
- монтаж и сварка трубы;
- изоляция трубы;
- контроль качества стыков;
- укладка труб в траншею;
- погрузка и выгрузка труб;
- транспортировка труб к месту ремонта (на расстояние до 10 км).

## 3. Ремонт старых труб:

- резка труб;
- выемка труб из траншей;
- погрузка и выгрузка демонтированных труб;

транспортировка демонтированных труб (на расстояние до 10 км)

Удельные затраты на замену участка  
 трубопровода ( $У$ ) в зависимости от  
 диаметра трубы ( $\varnothing$ ) и длины  
 заменяемого участка ( $l$ )



4. Транспортировка машин, механизмов, инструментов, перевозка людей к месту ремонта (на расстояние до 10 км).

Учтена также стоимость используемых материалов: труб, электродов, изоляции, газа.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ТАРИФЫ НА ПЕРЕВОЗКУ ГРУНТА АВТОМОБИЛЬНЫМ  
ТРАНСПОРТОМ

Согласно приказам № 13-01-01, № 13-04-01, тарифы введены  
с 1.1.1988г.

Расстояние перевозки (км)	Стоимость перевозки (руб/т)	Расстояние перевозки (м)	Стоимость перевозки (руб/т)
1	0,45	16	2,07
2	0,54	17	2,14
3	0,63	18	2,23
4	0,72	19	2,32
5	0,81	20	2,39
6	0,90	21	2,48
7	0,99	22	2,56
8	1,08	23	2,65
9	1,17	24	2,74
10	1,26	25	2,81
11	1,35	26	2,9
12	1,44	27	2,98
13	1,53	28	3,06
14	1,62	29	3,15
15	1,71	30	3,22

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ НА УБОЮ ЗАМАЗУЧНОСТИ  
ТЕРРИТОРИИ

Согласно формуле (8)

$$Z_{\text{ЛПА}} = Z_{\text{сб}} + Z_3 = a_{\text{ж}} \cdot V + a_3 S,$$

Для определения составляющей  $Z_{\text{сб}}$  необходимо определить сумму затрат

$$Z_{\text{сб}} = Z_{\text{сб ж}} + Z_{\text{отк ж}} = Z_{\text{в ж}};$$

где  $Z_{\text{сб ж}}$  - затраты на сбор разлитой нефти (жидкости) в канавы, ямы с помощью землеройной техники и подручных средств, руб,

$Z_{\text{отк ж}}$  - затраты на откачку жидкости, руб,

$Z_{\text{в ж}}$  - затраты на вывоз жидкости автостернами, руб

Из общих затрат  $Z_{\text{сб}}$  и количества вывезенной жидкости определяется ориентировочное значение  $a_{\text{ж}}$  для предприятия. Обычно значение  $a_{\text{ж}}$  составляет порядка 3-10 руб/м<sup>3</sup>.

Для определения составляющей  $a_3$ , необходимо определить сумму затрат

$$Z_3 = Z_{3 \text{ гр}} + Z_{0 \text{ гр}} + Z_{\text{в гр}} + C,$$

где  $Z_{3 \text{ гр}}$  - затраты на завоз грунта-сорбента, руб,

$Z_{0 \text{ гр}}$  - затраты на отсыпку и планировку грунта, руб,

$Z_{\text{в гр}}$  - затраты на сбор, погрузку и вывоз замасоченного грунта сорбента, руб,

$C$  - стоимость грунта сорбента, руб.

Ниже приводится способ определения зависимости удельных затрат на уборку 1 м<sup>2</sup> замасоченной площади ( $a_3$ ) от плотности завоза грунта сорбента и площади замасоченности приблизительно в условиях 3-й зоны (табл. 1).

Значения составляющих затрат на уборку замасученности  $Z_{3 гр}$ ,  $Z_{0 гр}$ ,  $Z_{\Delta гр}$  (с учетом стоимости грунта) определены при дальности перевозки 10, 30, 50 и 100 км и площадях замасученности 100, 500, 1000 и 10000 м<sup>2</sup>. Результаты расчетов сведены в таблицу

Из таблицы следует, что угельные затраты на завоз и вывоз грунта-сорбента возрастают с увеличением дальности перевозки и практически не зависят от площади замасученности

По данным таблицы построен график зависимости  $A_3$  от дальности перевозки грунта-сорбента ( $L$ ), а также замасученного снега (рис. 4Г).

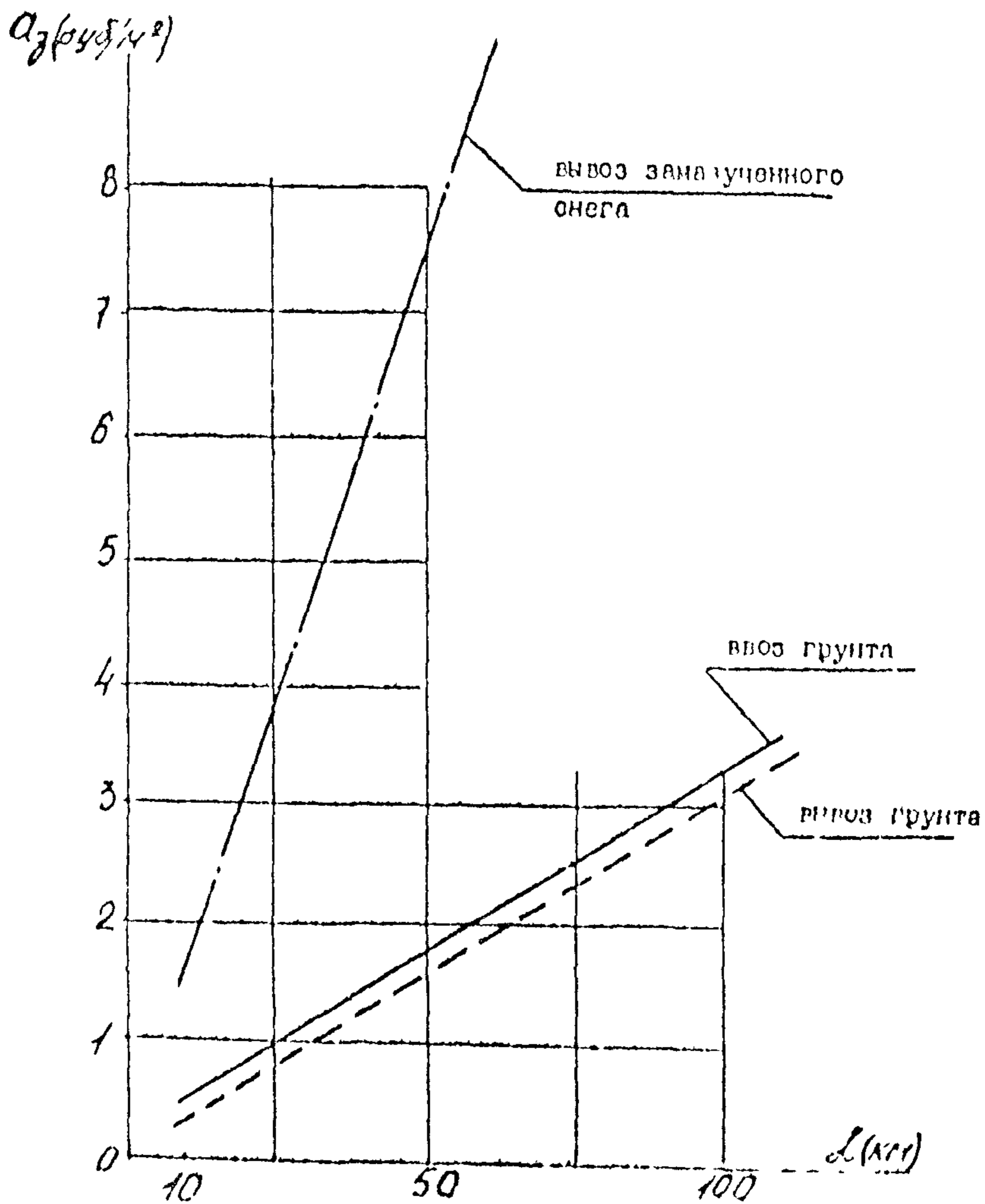
Расчет стоимости уборки замасличенности площади в условиях  
 ЦО "Оургутнефтегаз" (слой отстойного грунта 0,1 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>,  
 уд. стоимость грунта I руб. 49 коп/м<sup>2</sup>)

Длина работ	Площадь замасличенности м <sup>2</sup>	Стоим. работ в зависимости от дальности перевозок грунта-сорбента							
		10 км		30 км		50 км		100 км	
		общая стоим. руб.	руб/м <sup>2</sup>	общая стоим. руб.	руб/м <sup>2</sup>	общая стоим. руб.	руб/м <sup>2</sup>	общая стоим. руб.	руб/м <sup>2</sup>
I. Уборка замасличенности грунта для отстойного слоя	100 м <sup>2</sup>	60 <sup>10</sup>	0 <sup>50</sup>	116 <sup>15</sup>	1 <sup>16</sup>	172 <sup>16</sup>	1 <sup>72</sup>	322 <sup>56</sup>	3 <sup>23</sup>
II. Уборка замасличенности площади, образовавшейся при бурении скважин, скважинных работ	500 м <sup>2</sup>	278 <sup>90</sup>	0 <sup>56</sup>	581 <sup>30</sup>	1 <sup>16</sup>	878 <sup>10</sup>	1 <sup>76</sup>	1623 <sup>50</sup>	3 <sup>25</sup>
	1000 м <sup>2</sup>	533 <sup>00</sup>	0 <sup>53</sup>	1133 <sup>00</sup>	1 <sup>14</sup>	1732 <sup>00</sup>	1 <sup>73</sup>	3233 <sup>00</sup>	3 <sup>23</sup>
	10000 м <sup>2</sup>	5163 <sup>00</sup>	0 <sup>52</sup>	10583 <sup>00</sup>	1 <sup>07</sup>	16519 <sup>00</sup>	1 <sup>36</sup>	31627 <sup>00</sup>	3 <sup>16</sup>
Итого стоимость			0 <sup>55</sup>		1 <sup>15</sup>		1 <sup>75</sup>		3 <sup>25</sup>
III. Уборка замасличенности грунта-сорбента	100 м <sup>2</sup>	52 <sup>50</sup>	0 <sup>53</sup>	100 <sup>45</sup>	1 <sup>06</sup>	164 <sup>50</sup>	1 <sup>65</sup>	314 <sup>80</sup>	3 <sup>15</sup>
IV. Уборка замасличенности грунта-сорбента	500 м <sup>2</sup>	163 <sup>00</sup>	0 <sup>36</sup>	485 <sup>72</sup>	0 <sup>97</sup>	782 <sup>50</sup>	1 <sup>56</sup>	1532 <sup>00</sup>	3 <sup>06</sup>
	1000 м <sup>2</sup>	355 <sup>00</sup>	0 <sup>35</sup>	959 <sup>00</sup>	0 <sup>95</sup>	1553 <sup>40</sup>	1 <sup>55</sup>	3058 <sup>80</sup>	3 <sup>06</sup>
	10000 м <sup>2</sup>	3645 <sup>00</sup>	0 <sup>36</sup>	9360 <sup>60</sup>	0 <sup>94</sup>	15300 <sup>60</sup>	1 <sup>53</sup>	30308 <sup>60</sup>	3 <sup>03</sup>
Итого стоимость			0 <sup>36</sup>		0 <sup>97</sup>		1 <sup>55</sup>		3 <sup>06</sup>



	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3. Базовая заплата -	100 м2	355 <sup>00</sup>	3 <sup>55</sup>	466 <sup>80</sup>	4 <sup>67</sup>	763 <sup>60</sup>	7 <sup>64</sup>	1510 <sup>00</sup>	15 <sup>10</sup>
Бонусная заплата -	500 м2	1420 <sup>00</sup>	3 <sup>00</sup>	2334 <sup>30</sup>	4 <sup>67</sup>	3818 <sup>30</sup>	7 <sup>62</sup>	7540 <sup>00</sup>	15 <sup>10</sup>
Средняя заплата в от-	1000 м2	3845 <sup>00</sup>	3 <sup>84</sup>	4645 <sup>80</sup>	4 <sup>65</sup>	7613 <sup>00</sup>	7 <sup>61</sup>	15065 <sup>00</sup>	15 <sup>07</sup>
деле и погашения)	10000 м2	40000 <sup>00</sup>	4 <sup>00</sup>	44955 <sup>80</sup>	4 <sup>50</sup>	75118 <sup>40</sup>	7 <sup>51</sup>	149638 <sup>00</sup>	15 <sup>10</sup>
Средняя стоимость			3 <sup>50</sup>		4 <sup>65</sup>		7 <sup>60</sup>		15 <sup>10</sup>

Стоимость ликвидации 1 м<sup>2</sup> замасоченной площади ( $a_3$ ) при отонке грунтом-сорбентом (0,1 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>) в условиях Западной Сибири и вывоза замасоченного снега (1,0 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>)



Данные по материалам

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ВЕЛИЧИНА УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ПРИ ЗАЛПОВОМ СБРОСЕ КЛАТТА ( $Z_3$ )

$P, \%$	$Z_3, \text{ тыс. руб.}$	$P, \%$	$Z_3, \text{ тыс. руб.}$
0,10	20,70	6,00	221
0,11	21,90	7,50	230
0,13	23,50	9,00	300
0,16	27,00	10,00	328
0,20	30,00	11,00	361
0,25	30,90	13,00	424
0,30	38,00	16,00	520
0,35	40,70	20,00	647
0,40	44,70	25,00	810
0,50	50,20	30,00	965
0,60	55,00	35,00	1123
0,75	6,70	40,00	1280
0,90	69,20	50,00	1595
1,00	74,00	60,00	1910
1,10	77,80	75,00	2380
1,30	87,10	90,00	2850
1,60	96,90	100,00	3163
2,00	108,50	110,00	3451
2,50	123,00	130,00	4110
3,00	140,00	160,00	5053
3,50	151,55	200,00	6315
4,00	166,00	250,00	7897
5,00	193,00	300,00	9100
		350,00	11030

Примечание. Для определения промежуточных значений  $Z_3$ , не вошедших в таблицу, рекомендуется применять интерполяцию между ближайшими значениями  $Z_3$ . При значении  $P < 0,10$  % величину ущерба от сброса определяют по формуле

$$Z_3 = 20,70 (\text{тыс. руб./т}) \times P(1)$$

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА, УЧИТЫВАЮЩЕГО  
КАТЕГОРИЮ ВОДНОГО ОБЪЕКТА, В КОТОРЫХ  
ПРОИЗОШЕЛ СБРОС НЕФТИ

Категория водного объекта	Ккат
Морские воды	1,0
Поверхностные водоемы, используемые для рыбохозяйственных целей, централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения пищевых предприятий	1,1
Другие водные объекты	0,8

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СНИЖЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ УЩЕРБА  
 Ксв В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ПРОВЕДЕНИЯ ЛИКВИ-  
 ДАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Время ликвидации загрязнения, час $\times$			коэффициент сниже- ния величины ущер- ба, Ксв
до 6 включительно			0,800
более 6	до 12	—"	0,650
"	12 до 18	—"	0,500
"	18 до 24	—"	0,463
"	24 до 30	—"	0,434
"	30 до 36	—"	0,412
"	36 до 48	—"	0,383
"	48 до 60	—"	0,364
"	60 до 72	—"	0,346
"	72 до 84	—"	0,331
"	84 до 96	—"	0,320
"	96 до 108	—"	0,310
"	108 до 120	—"	0,301
"	120 до 132	—"	0,293
"	132 до 144	—"	0,287
"	144 до 156	—"	0,280
"	156 до 168	—"	0,275
"	168 до 180	—"	0,270
"	180 до 192	—"	0,268
"	192 до 204	—"	0,262
"	204 до 216	—"	0,258
"	216 до 228	—"	0,250
"	228 до 240	—"	0,250

\* время ликвидации загрязнения вод рассчитывается как разница между временем, прошедшим с момента окончания ликвидации загрязнения вод.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ПРИМЕР РАСЧЕТА  
УЩЕРБА ОТ ОТКАЗА ТРУБОПРОВОДА ПРОМЫСЛОВОГО  
СБОРА НЕФТИ (условный)

Определить суммарный ущерб народному хозяйству от аварии на промышленном трубопроводе с выходом и распределением нефти в окружающую среду по представленным данным.

## I. Исходные данные для расчета

## I. Параметры трубопровода:

- диаметр трубы 325 x 8 мм;
- глубина заложения трубопровода 1,5 м;
- участок порыва отсечен задвижками, расстояние между секциями задвижками - 6,8 км;
- давление в начале участка  $P_1 = 1,0$  МПа, давление в конце участка  $P_2 = 0,66$  МПа (давления - при установившемся режиме);
- часовая производительность трубопровода 100 т/ч.

## 2. Физико-химические свойства транспортируемой нефти:

- вязкость кинематическая  $\nu = 10$  с<sup>2</sup>/т;
  - вязкость динамическая  $\mu_{20} = 8,5$  сП ;  $\mu_{50} = 0,7$  сП ;
  - плотность  $\rho = 850$  кг/м<sup>3</sup>;
  - обводненность транспортируемой нефти 10 %;
  - изначальное содержание газа в трубопроводе - 0,8;
  - температура транспортируемой нефти - 20<sup>0</sup>С;
  - температура поверхности разлитой нефти - 15<sup>0</sup>С;
3. Характеристики грунта:
- супесь,
  - влажности 40 %.

## 4. Характер порыва и его последствия:

- отверстие в трубе в форме прямоугольника размером 0,02 x 0,1 м, расположено в нижней части трубы вдоль ее оси (рис.12);
- простой трубопровода - 20 час;
- площадь разлива нефти по поверхности земли 200 м<sup>2</sup>,
- средняя глубина разлива - 0,3 м;
- средняя глубина пропитки 0,2 м;
- скорость утечки нефти из отверстия 500 л/мин;
- скорость ветра над разливом - 2,5 м/с;
- на загрязненной площади находились посеви ржи;
- средняя урожайность ржи 20 ц/га; цена 8 руб/ц;
- недобор (предполагаемый) урожая по годам:  
 I-год - 25%; 2-й год - 20%; 3-й год - 15%; 4-й год - 10%;  
 5-й год - 5%;
- попадание нефти в озеро;
- площадь загрязненной поверхности - 0,4 км<sup>2</sup>;
- масса пленочной нефти на 1 м<sup>2</sup>  $R_{пл.разл.} = 12 \text{ г/м}^2$ .
- масса пленочной нефти на 1 м<sup>2</sup> шкватории, не подверженной влиянию разлива  $R_{пл.фон} = 0,1 \text{ г/м}^2$ ,
- концентрация растворенной в воде нефти на глубине 0,3 м под олом разлива  $C_{разл.} = 10,0 \text{ г/м}^3$ ;
- фоновый уровень загрязнения воды  $C_{фон} = 0,02 \text{ г/м}^3$ .

## 5. Меры по ликвидации аварии:

- ремонт трубопровода - замена участка трубы длиной 16 м;
- ликвидация возмущенности (0,02га);
- рекультивация загрязненных нефтью земель.

Продольный профиль трубопровода

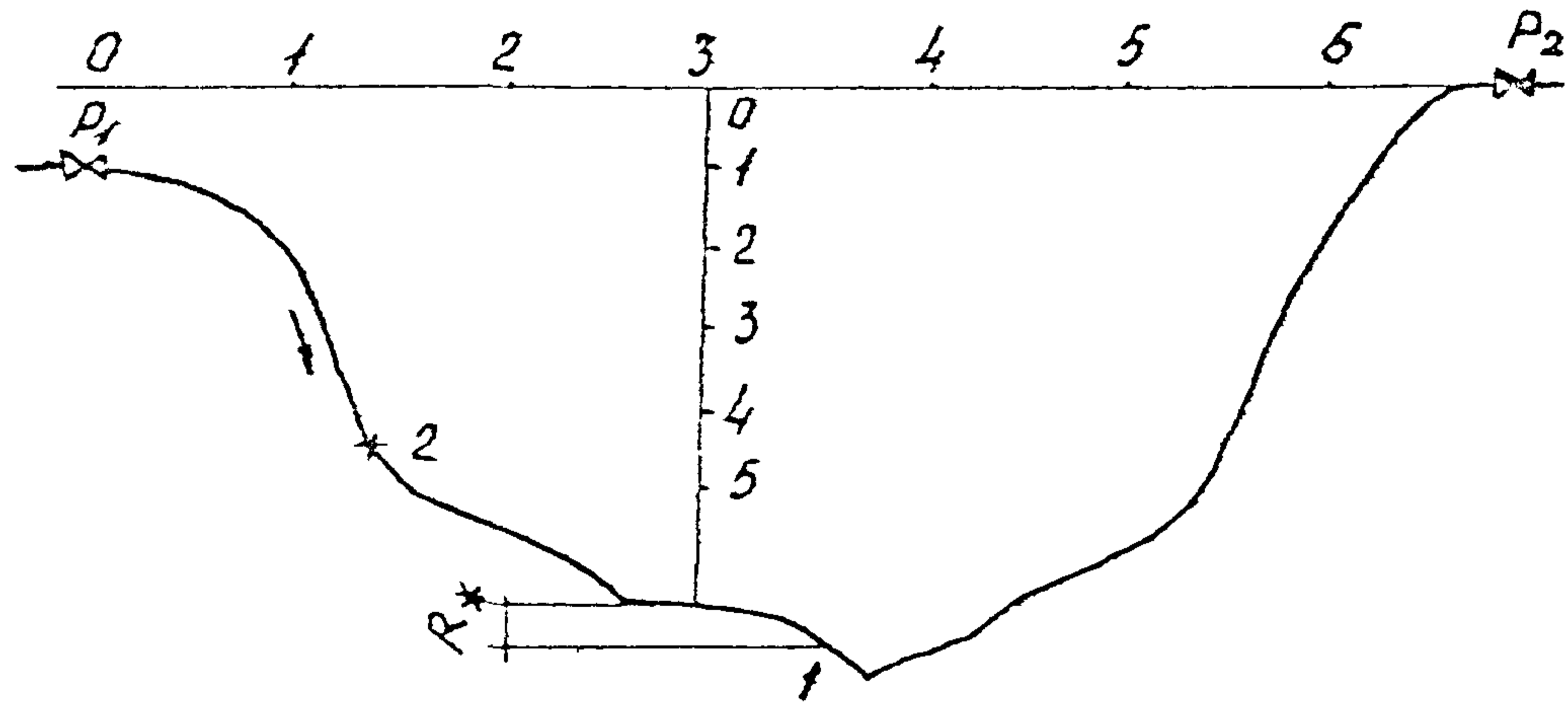


Рис. 12



## И. Р А С Ч Е Т

I. Определение расходов жидкости и газа через отверстие в трубопроводе.

I.I. Определение расхода жидкости через отверстие в трубе. Расчет производится по формулам приложения I.

Определяем длину трубопровода, которая будет занята жидкостью в нижней части, по формуле /14/

$$L_1 = L (1 - \alpha) = 6800 (1 - 0,8) = 1360 \text{ м}$$

Расположение участка, заполненного жидкостью, показано на рис. 12.

Давление газовой фазы по формуле /15/ будет:

$$P_{\text{ор}} = \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{10 \cdot 10^5 + 6,6 \cdot 10^5}{2} = 8,3 \cdot 10^5 \text{ Па,}$$

Давление в трубопроводе в точке истечения по формуле /16/:

$$P_x = P_{\text{ор}} + h_x \cdot \rho_x \cdot g = 8,3 \cdot 10^5 + 0,5 \cdot 850 \cdot 9,81 = 8,342 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Перепад давления в точке истечения по формуле (2):

$$h = \frac{P_x}{\rho_x \cdot g} - h_z = \frac{8,342 \cdot 10^5}{850 \cdot 9,81} - 1,5 = 98,0 \text{ м,}$$

где  $h_z = 1,5$  — глубина заложения трубопровода.

Определяем коэффициент расхода отверстия

Определяем площадь отверстия

$$\omega = 0,02 \times 0,1 = 0,002 \text{ м}^2$$

Определяем эквивалентный диаметр отверстия по формуле (7).

$$d_{\text{экв.}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,002}{\pi}} = 0,0501 \text{ м}$$

Определяем число  $Re$ , по формуле (3):

$$Re = \frac{0,0501 \cdot 2 \times 9,81 \cdot 98,0}{0,1 \times 10^{-4}} = \frac{0,0501 \cdot 1961,9}{0,1 \times 10^{-4}} = 221 \cdot 10^8$$

В нашем случае  $Re > 10000$  и эквивалентный коэффициент расхода согласно формуле (6) равен:

$$\mu_{\text{экв}} = 0,592 + \frac{5,5}{\sqrt{221000}} = 0,592 + \frac{5,5}{470} = 0,604 ;$$

Определяем расход жидкости из отверстия по формуле (1):

$$Q = 0,604 \times 0,002 \sqrt{2 \times 9,81 \times 93,0} = 0,05 \text{ м}^3/\text{с}$$

1.2. Для тех же условий определить расход газа через отверстие такого же размера, расположенное в точке 2. Плотность газа при атмосферном давлении  $1,5 \text{ кг/м}^3$ . Вязкость газа при атмосферном давлении и  $t = 20^\circ\text{C}$ .  $\nu_{20} = 4,0 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . Показатель адиабаты для газа  $K = 1,4$ .

$$\text{Вычисляем } \beta_{\text{кр}} = \left( \frac{2}{1,4 + 1} \right)^{\frac{1,4}{1,4-1}} ; \beta_{\text{кр}} = (0,833)^{3,5} = 0,53$$

$$\text{Вычисляем } \beta = \frac{P_2}{P_1}$$

В нашем случае  $P_2$  - атмосферное давление на выходе газа из отверстия  $P_2 = 10^5 \text{ Па}$ .

$P_1$  - абсолютное давление в трубопроводе в точке истечения газа.

$$P_1 = P_{\text{ср}} \text{ в трубопроводе} = \frac{11,0 \times 10^5 \text{ Па} + 7,6 \times 10^5 \text{ Па}}{2} = 9,3 \times 10^5 \text{ Па}$$

$$\text{Тогда } \beta = \frac{1,0 \times 10^5}{9,3 \times 10^5} = 0,107$$

Определяем коэффициент расхода отверстия по газу:

Определяем степень сжатия отверстия:

$$\eta = \frac{0,002}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{0,002 \times 4}{\pi \times 0,309^2} = \frac{0,002 \times 4}{\pi \times 0,095} = 0,0268$$

Определяем коэффициент расхода по таблице прил. I

$$\mu = 0,612$$

Определяем плотность газа в трубопроводе по формуле (5):

$$\rho_1 = \rho_2 \cdot \frac{P_1 \times T_2}{P_2 \times T_1} = 1,5 \cdot \frac{9,3 \times 10^5 \times 293}{10^5 \times 273} = 13,9 \text{ кг/м}^3$$

Так как  $\beta < \beta_{кр}$  то расход газа из отрезка определяем по формуле (10):

$$M = 0,685 \times \mu \times \omega \sqrt{P_1 \cdot \rho_1} = 0,685 \times 0,612 \times 0,002 \times \sqrt{9,3 \times 10^5 \times 13,9} = 0,0084 \times 3,59 \times 10^3 = 30,2 \text{ кг/с.}$$

2. Определение распределения вышедших из трубы нефти, воды и газа в окружающей среде при порыве промышленного трубопровода.

В примере расчета принято, что обнаружение и отсечение места порыва было произведено немедленно после того, как он произошел. В результате аварии продукция, содержащаяся в отсеченном задвижками участке трубопровода вытекла полностью.

Расчет производится по формулам приложения 2.

2.1. Количество жидкости, аккумулированное грунтом до выхода на поверхность земли, определяем в соответствии с графиком рис. 2. При глубине заложения трубопровода 1,5 м и утечке  $Q = 500$  л/мин определяем время проникновения жидкости на поверхность земли по экспериментальной зависимости 3. Находим  $t = 0,5$  мин. Определяем объем аккумулированной грунтом жидкости:

$$V_{ак} = Q \times t = 500 \times 0,5 = 250 \text{ л.}$$

При обводненности жидкости в 20 % количество нефти, аккумулированное грунтом будет:

$$G_{н} = 850 \times 0,8 \times 0,250 = 170 \text{ кг,}$$

2.2. Количество жидкости, разлитой по поверхности земли, при площади разлива 200 м<sup>2</sup> и средней глубине разлива 0,3 м в соответствии с п. 2 равно:

$$V_p = S \times h_{ср} = 200 \times 0,3 = 60 \text{ м}^3.$$

Если также учесть обводненность жидкости, то количество разлитой нефти будет:

$$G_p = 850 \times 60 \times 0,8 = 40800 \text{ кг.}$$

$$S = 53.5 V^{0.5}$$

$[u^2]$        $[u^3]$

Многие изобретения при работе регистрируются  
из всех направлений отдела НКДГ. В настоящее время  
"Сосальские" сущ. фактом при работе  
предпринимают по вопросу работы НКДГ  
от изобретения "Алгоритм"  
Договор 91.00.0092.91

Применяется в Ново-Кубане, июль 8889.

2.3. Количество нефти, впитываемой в грунт в результате талыва, по формуле (1) равно:

$$G_{\text{вп}} = K_H \cdot \rho \cdot V_{\text{гр}}$$

Для суглини с влажностью 40 % нефтеемкость грунта по табл. I равна  $K_H = 0,21$ .

$$G_{\text{вп}} = 0,21 \times 850 \times 200 \times 0,2 = 7150 \text{ кг}$$

2.4. Количество газа, выделяющегося в атмосферу из излишек-ся жидкости, по формуле (3) будет:

$$V_{\text{газ}} = V_{\text{ж}}(1 - \varphi) \rho_{\text{расств.н.}} + V_{\text{ж}} \cdot \varphi \cdot \rho_{\text{расств.в.}}$$

При среднем давлении в трубопроводе  $P_{\text{ср}} = 9,3 \times 10^5$  Па по графику рис. 2 в нефти остается растворенным  $34 \text{ м}^3/\text{м}^3$  и в воде  $2 \text{ м}^3/\text{м}^3$  газа.

Так как произошло полное потечение излишек-ся в участке трубопровода жидкости, то ее объем по формуле (17) приложения 1 будет равен:

$$V_{\text{ж}} = \frac{\pi D_{\text{вн}}^2}{4} \times L (1 - \alpha) = 0,785 \times 0,309^2 \times 6800 (1 - 0,8) = 102 \text{ м}^3$$

При 20 % обводненности в  $102 \text{ м}^3$  излишек-ся жидкости будет:

нефти  $102 \times 0,8 = 81,6 \text{ м}^3$ ;

пласт. воды  $102 \times 0,2 = 20,4 \text{ м}^3$ .

Тогда

$$V_{\text{газ}} = 102 (1 - 0,2) 34 + 102 \times 0,2 \times 2 = 2821 \text{ м}^3$$

При плотности газа  $1,4 \text{ кг}/\text{м}^3$  это количество будет соответ-ствовать  $G_{\text{газ}} = 1,4 \times 2821 = 3950 \text{ кг}$ .

2.5. Количество свободного газа, находящегося в трубопроводе зависит от объема газового пространства в нем, давления и температуры.

Объем трубопровода равен:

$$V_{\text{тр}} = \frac{\pi \times D_{\text{вн}}^2}{4} \times L = 0,785 \times 0,309^2 \times 6800 = 510 \text{ м}^3$$

Объем газового пространства в трубопроводе

$$V_{г.пр.} = V_{тр} \times \alpha = 510 \times 0,8 = 408 \text{ м}^3$$

Объем газа в газовом пространстве, приведенный к атмосферному давлению, равен:

$$V_{г.пр.} = \frac{P_{тр} \cdot V_{г.пр.} \cdot T_a}{T_{тр} \cdot P_a} = \frac{2,3 \times 10^5 \times 408 \times 293}{293 \times 1,0 \times 10^5} = 3800 \text{ м}^3$$

2.6. Количество свободного газа, вышедшего из трубопровода через неплотность, будет равно:

$$V_{св.г} = V_{га.тр} - V_{тр.} = 3800 - 510 = 3290 \text{ м}^3$$

Вес этого газа равен  $1,4 \times 3290 = 4600 \text{ кг}$ .

7. Количество нефти, испарившейся с поверхности разлива, определим графически по рис. 3.

Определим фракционный состав нефти по формуле (6):

$$\phi = \left( \frac{M_{20} - M_{50}}{M_{20} \cdot M_{50}} \right)^{0,67} = \left( \frac{0,085 - 0,007}{0,085 \cdot 0,007} \right)^{0,67} = (135)^{0,67} = 23\%$$

При скорости ветра над разливом, равной 2,5 м/с, температуре поверхности, равной 15°C, глубине разлива, равной 0,3 м, времени испарения - 20 час, площади испарения - 200 м<sup>2</sup> и плотности жидкости - 0,85 т/м<sup>3</sup> сначала определим по графику значения функции  $F_1 = 27$ ,  $F_2 = 40$ . Тогда масса испарившейся нефти по формуле (5) будет:

$$M = \frac{S \cdot \rho}{F_1 + F_2} = \frac{200 \times 0,85}{27 + 40} = 2,52 \text{ т}$$

2.8. При определении количества нефти, попавшей на поверхность озера, была найдена площадь поверхности, загрязненной нефтью, равная 0,4 км<sup>2</sup>.

Инструментальные измерения дали следующие результаты:

- масса пленочной нефти на 1 м<sup>2</sup> -  $R_{пл.разл.} = 12,0 \text{ г/м}^2$ ;
- масса пленочной нефти на 1 м<sup>2</sup> - впадения, но подчерченной влияния разлива,  $R_{пл.фон} = 0,1 \text{ г/м}^2$ ;
- концентрация растворенной в воде нефти на глубине 0,3 м под слоем разлива  $C_{разл.} = 10,0 \text{ г/м}^3$ ;

- фоновый уровень загрязнения воды  $C_{\text{фон}} = 0,02 \text{ г/м}^3$ ,

Тогда количество нефти, попавшей в озеро, по формуле (10) будет равно:

$$\begin{aligned} P_H &= (P_{\text{пл.речн}} - P_{\text{пл.фон}}) \times S_H \times 10^{-6} + (C_{\text{розл.}} - C_{\text{фон}}) \times V_H \times 10^{-6} \\ &= (12,0 - 0,1) 400000 \times 10^{-6} + (10 - 0,02) 400000 \times 1,0 \times 10^{-6} = \\ &= 4,78 + 4,00 = 8,78 \text{ т} \end{aligned}$$

2.9 Таким образом, из 69,5 т (или 81,6) вытекшей из трубопровода нефти распределилось по окружающему пространству оледующее количество нефти:

а) аккумуляровалось вокруг трубопровода	
- до выхода на поверхность	- 0,17 т
б) впиталось в грунт	- 7,15 т
в) собрано с поверхности земли	- 39,0 т
г) попало в воду озера	- 8,78 т
д) попало в атмосферу	$\frac{3,95 + 4,6 + 2,52}{11,07}$
Итого:	66,17 т

Влиявшееся количество нефти примерно соответствует расчетному распределенному 69,5 т  $\sim$  66,17 т.

3. Определение общего ущерба народному хозяйству от аварии на промышленном трубопроводе.

3.1. Затраты на ремонт трубопровода путем замены его участка  $l = 15 \text{ м}$ .

По рис. 10 прил. 3 определяем значение удельных затрат  $y \frac{\text{руб}}{\text{м}}$ , соответствующее диаметру трубы 350 мм и длине заменяемого участка  $l = 15 \text{ м}$

$$y_{15} = 110 \text{ руб/м}$$

Тогда затраты на замену трубы ( $d = 350 \text{ мм}$ ,  $l = 15 \text{ м}$ ) составят:

$$110 \text{ руб/м} \times 15 \text{ м} = 1650 \text{ руб.}$$

✓ 3.2. Затраты на ликвидацию замазученности и сбор разлитой нефти.

Затраты на ликвидацию замазученности определяются по формуле (8)

$$Z_3 = \alpha_3 \times S$$

$\alpha_3$  - удельные затраты на уборку 1 м<sup>2</sup> замазученности (рис. 10 приложения 4). Дальность завоза чистого сорбента - 10 км, вывоза загрязненного на расстояние 30 км. По рис. 1 определяем удельные затраты на ликвидацию 1 м<sup>2</sup> замазученности для принятой дальности перевозки чистого и загрязненного сорбента соответственно:

$$\alpha_3 = 0,5 \text{ руб/м}^2$$

$$\alpha_3 = 0,9 \text{ руб/м}^2$$

суммарные удельные затраты на ликвидацию замазученности составят:

$$\alpha_3 = 0,5 + 0,90 = 1,40 \text{ руб/м}^2;$$

$$S = 0,03 \text{ га} = 200 \text{ м}^2 - \text{площадь замазученности.}$$

$$\text{Тогда } Z_3 = 1,40 \times 200 = 280 \text{ руб.}$$

Собрано с поверхности земли - 39 т нефти (см. п. 9 раздела 2 расчета), т.е. с учетом 20 % обводненности  $\sim 55 \text{ м}^3$  жидкости.

Удельные затраты на откачку с поверхности земли и вывоз 1 м<sup>3</sup> жидкости составляют  $\sim 3$  руб.

Следовательно, общие затраты на откачку разлитой жидкости составят:  $55 \times 3 = 165$  руб.

✓ 3.3. Ущерб от потерь нефти при разливе нефти определяется по формуле (9):

$$U_H = U_{HN} \cdot V_H$$

Оптовая цена нефти согласно прейскуранту  $U_{HN} = 31$  руб/т.

В соответствии с примером приложения 2 всего было разлито 69,5 т нефти, собрано 39,0 т. Тогда количество потерь нефти равно:

$$V_H = 69,5 - 39,0 = 30,5 \text{ т}$$



Ущерб от безвозвратно потерянной нефти составит:

$$U_H = 34 \times 30,5 = 1035 \text{ руб.}$$

3.4. Ущерб от простоя трубопровода определяем по формуле (11):

$$U_{\Pi} = (KE + A) \cdot Q_{\text{тр}} \cdot t$$

Удельные капитальные вложения в тонну добываемой нефти по данному предприятию составляют 150 руб/т. Удельные эксплуатационные расходы равны 25 руб/т.

Нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений

$$E = 0,15.$$

Тогда

$$U_{\Pi} = (150 \times 0,15 + 25) \times 100 \times 20 = 95000 \text{ руб.}$$

3.5. Ущерб от загрязнения пашни определим по формуле (12)

$$U_{c.x.} = S_i (C_{ni} + C_{pi})$$

Ущерб, нанесенный посевам,  $C_{ni}$ , определим по формуле

$$C_{ni} = U_{ci} \cdot q_i + T_{by} \cdot \Delta q = 8 \text{ руб/ц} (20 + 5 \times 3,0) = 280 \text{ руб/га}$$

$$\Delta q = 15 \% = 3 \text{ ц/га.}$$

Затраты на рекультивацию определяются в соответствии с техническим планом рекультивации.

Принимаем  $C_{pi} = 1730 \text{ руб.}$

Тогда  $U_{c.x.} = 0,02 (280 + 1730) = 40,2 \text{ руб.}$

3.6. Ущерб от загрязнения водоема определим по формуле (15)

$$U_{B.3.} = Z_3 \times K_{кат.}$$

Количества ущерба от загрязнения водного объекта при зловонном попадании нефти  $Z_3$  определяется в зависимости от количества попавшей нефти по таблице приложения 6.

В нашем случае в водоем попало 8,76 т нефти. Согласно таблице приложения 6 ущерб от попадания этого количества нефти, определенный путем интерполяции, равен 231,14 тыс. руб.

Коэффициент  $K_T$ , учитывающий категорию вредного объекта, берется по таблице приложения 8. Для поверхностных водоемов, используемых для хозяйственных целей, он равен 1,1.

Тогда

$$\frac{U}{G} = 294,14 \times 1,1 = 323,5 \text{ тыс.руб.}$$

3.7. Ущерб от попадания солей, растворенных в пластовой воде, в водоем определим по формуле (17)

$$U_c = \gamma \cdot G \cdot M_c$$

Озеро относится к бассейну реки Волга, для которого величина коэффициента  $G = 0,8$  в соответствии с табл. I /18/.

Приведенная масса солей, попавших в водоем, определяется по формуле (18)

$$M_c = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i$$

Пластовая вода, попавшая с нефтью в водоем, содержит  $50 \text{ кг/м}^3$  сульфатов и  $100 \text{ кг/м}^3$  хлоридов. Для сульфатов величина  $A = 0,01$  усл.т/т, для хлоридов  $A = 0,003$  усл.т/т.

В водоем попало 8,78 т нефти, что соответствует следующему объему воды при 20% обводненной эмульсии:

$$V_{\delta} = \frac{8,78 \times 0,2}{0,85 \times 0,8} = 2,59 \text{ м}^3$$

В данном количестве пластовой воды будет содержаться сульфатов -  $50 \times 2,59 = 129,5$  кг, хлоридов -  $100 \times 2,59 = 259$  кг.

Тогда

$$M_c = 0,01 \times 0,1295 + 0,003 \times 0,259 = 12,95 \cdot 10^{-4} + 7,78 \cdot 10^{-4} = 20,73 \times 10^{-4} \text{ усл.т.}$$

Ущерб от попадания солей равен:

$$U_c = 4000 \times 0,8 \times 20,73 \times 10^{-4} = 6,64 \text{ руб.}$$

Т.е. эта величина очень незначительная, и ее можно пропустить.

3 8 Ущерб от попадания паров нефти в атмосферу определяется по формуле

$$U_a = B \times M_n$$

В соответствии с примером приложения 2 в атмосферу попало

$$M_n = 11,07 \text{ т}$$

Величина удельного ущерба для государственных промышленных районов  $B = 0,27$  тыс руб/т

Тогда

$$U_a = 0,27 \times 11,07 = 2,99 \text{ тыс руб}$$

3 9 Полный ущерб народному хозяйству равен

$$U = 1,65 + 0,28 + 0,165 + 1,035 + 95 + 0,04 + 323,5 + 2,99 = 424,66 \text{ тыс.руб.}$$

Л И Т Е Р А Т У Р А

- 1 Яблоцкий В С, Краткий курс технической гидромеханики - М : Физматгиз, 1961,
- 2 Богомолов А И , Михайлов К А Гидравлика - М Стройиздат, 1965.
3. *King H W, Brater E F. Handbook of Hydraulics, New York, 1950*
- 4 Альшуль А Д., Киселева А Г. Гидравлика и аэродинамика - М Стройиздат, 1975
- 5 Справочник по транспорту газов/под ред Зарембо К С - М Гостолтехиздат, 1954
- 6 Тячев О А , Тугунов П И Сокращение потерь нефти при транспорте и хранении - М., Недра, 1983
- 7 Микаева М Обнаружение утечек из нефтепровода /Перевод с японского из журнала "Наука об окружающей среде" т 16 №1 1979
8. План-программа составления прогноза возможных изменений в окружающей среде под влиянием хозяйственной деятельности на период до 1990г И Институт прикладной геофизики, 1977
9. Правила охраны окружающей среды при сооружении, подготовке и транспорте нефти, РД 39-0147098-005-83 -Уфа ВОСНШУТБ 1988
- 10 Методика подсчета убытков причиненных государству нарушением водного законодательства -М ЦНИИ штифов СССР 1983
- 11 Методика определения потерь нефти и газа техническим обследованием и ремонте магистральных нефтепроводов -Уфа ИИИОГТМФРБ 1983.
- 12 Методика подсчета потерь нефти при отказах на магистральных нефтепроводах -Тюмень ТИИИ 1985
- 13, Правила охраны поверхностных вод от загрязнений отечественными водами (ути Министратвом колхозов и водного хозяйства СССР 16 мая 1974 г ЦИО), М., 1975

14. ГОСТ 17.5.1.01 - 83. Охрана природн. Земля. Рекультивация земли. Термины и определения. Введен 01.07.84. -М.: Изд-во стандартов, 1986.

15. ГОСТ 17.5.3.04-83 Охрана природн. Земля. Общие требования к рекультивации земель. Введен 01.07.87. -М.: Изд-во стандартов, 1986.

16. Инструкция по рекультивации земель, загрязненных нефтью. РД 39-0147103-365-86. -Уфа: ИИИСПТнефть, 1987.

17. Инструкция по рекультивации земель, загрязненных высоко-минерализованными нефтепромысловыми водами. Уфа: ВОСТНЕФТЬ, 1990.

18. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценка экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды" (одобрен постановлением Госплана СССР, Госотрота СССР и Президиума Академии наук СССР от 21.10.83г. № 254/234/134) М., 1983.

19. Методические указания по определению источников, оценки величин и состава загрязненной окружающей среды на предприятиях Миннефтепрома (утв. Техническим управлением Миннефтепрома). -Уфа: ИИИСПТнефть, 1976.

20. Инструкция о порядке привлечения к ответственности за лесонарушения в лесах СССР (утв. приказом председателя Государственного комитета лесного хозяйства Совмина СССР от 26 марта 1969г., №73), М., 1970.

21. Временная методика определения экономической эффективности и природоохранных мероприятий в нефтяной промышленности. -М.: ИИИОБНГ, 1986.

22. Методическое руководство по вопросам проектирования и эксплуатации однострунных систем сбора. РД 39-3-1034-84. -Уфа: ВНИИСПНефть, 1984г.

23. Руководство по методам химического анализа морских вод.- Л: Гидрометиздат, 1977.

24. Методика оценки ущерба от отказов объектов магистрального нефтепровода. РД 39-30-107-78. -Уфа: ВНИИСПНефть, 1979.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр:
I. Общие положения	<u>4</u>
2. Определение ущерба в народном хозяйстве от отказов промышленных трубопроводов	<u>5</u>
2.1 Собственный ущерб предприятия	<u>6</u>
2.2 Ущерб от вынужденного простоя трубопровода	<u>9</u>
2.3 Ущерб от загрязнения окружающей среды	<u>10</u>
Приложение I. Определение количества нефти, газа и воды, вылившихся из трубопровода и аппарата при аварии	<u>14</u>
Приложение 2. Распределение вылившихся нефти, газа и воды в окружающей среде	<u>26</u>
Приложение 3. Определение затрат на ремонт трубопровода путем замены его участка	<u>38</u>
Приложение 4. Тарифы на перевозку грунта автомобильным транспортом	<u>41</u>
Приложение 5. Определение затрат на уборку замазученности территории	<u>42</u>
Приложение 6. Величина ущерба от загрязнения водных объектов при залповом оброде нефти	<u>47</u>
Приложение 7. Значения коэффициента, учитывающего категорию водного объекта, в который произошел оброд нефти	<u>48</u>
Приложение 8. Значение коэффициента снижения величины ущерба в зависимости от времени проведения ликвидации загрязнения	<u>49</u>
Приложение 9. Пример расчета ущерба от отказа трубопровода промышленного обора нефти	<u>50</u>
Литература	<u>51</u>