

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПР

_____ А.С. Боев
« __ » _____ 2017 г

Издание исправлено 20.03.2021г.

**КУРСОВАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ
НЕФТИ ПРИ ТРУБОПРОВОДНОМ
ТРАНСПОРТЕ**

Методические указания к выполнению курсовой работы
по дисциплине «Ликвидация аварийных разливов нефти» для студентов,
обучающихся по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Составитель **Н.А. Антропова**

Издательство
Томского политехнического университета
2017

УДК 622.692.4(076.5)

ББК 39.77я73

А72

А72 Курсовая работа по дисциплине «Ликвидация аварийных разливов нефти при трубопроводном транспорте»: Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Ликвидация аварийных разливов нефти при трубопроводном транспорте» для студентов IV-V курса, обучающихся по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело» / сост.: Н.А. Антропова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 53 с.

УДК 622.692.4.(076.5)

ББК 39.77я73

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры
транспорта и хранения нефти и газа ИПР
« 16 » мая 2017 г.

И. о. зав. кафедрой ТХНГ

доктор технических наук,

профессор

_____ *П.В. Бурков*

Председатель учебно-методической

Комиссии, доцент

_____ *А.Л. Саруев*

© Составление. ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2017

© Антропова Н.А., составление 2017

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2017

Оглавление

Введение	4
Расчёт общего количества нефти, вылившегося в результате аварии	7
Определение экологического ущерба	8
Заключение	14
Литература	17
ПРИЛОЖЕНИЕ. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	20
Вариант 1	20
Вариант 2	22
Вариант 3	24
Вариант 4	26
Вариант 5	28
Вариант 7	32
Вариант 8	34
Вариант 9	35
Вариант 10	37
Вариант 11	39
Вариант 12	41
Вариант 13	42
Вариант 14	43
Вариант 15	45
Вариант 16	46
Вариант 17	48
Вариант 18	49
Вариант 19	50
Вариант 20	52
Вариант 21	54
Вариант 22	55
Вариант 23	56
Вариант 24	57
Вариант 25	58
Вариант 26	60

Введение

Курсовая работа выполняется студентами в ходе изучения дисциплины «Ликвидация аварийных разливов нефти». При выполнении курсовой работы студенты знакомятся с методиками расчёта количества нефти/нефтепродуктов на объектах магистральных нефтепроводов/нефтепродуктопроводов ПАО Транснефть, попавшей в окружающую среду в результате аварийного разлива, а также с методиками расчёта ущерба окружающей природной среде.

Выбор темы курсовой работы осуществляется по согласованию с преподавателем (по порядковому номеру ФИО в электронном журнале, либо по двум последним цифрам в зачётной книжке). Темы курсовых работ утверждаются руководителем ОНД Мельником И.А. Темы курсовых работ приведены в табл. 1.

Таблица 1

*Темы курсовых работ
по дисциплине «Ликвидация аварийных разливов нефти»*

№ вариант а	Тема
1	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при повреждении нефтепровода в месте подводного перехода
2	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при повреждении нефтепровода
3	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при повреждении нефтепровода в месте подводного перехода
4	Расчёт ущерба окружающей природной среде (почве и атмосфере) при несанкционированной врезке в нефтепровод
5	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при повреждении нефтепровода в месте подводного перехода
6	Расчёт ущерба почве и атмосфере при повреждении нефтепровода
7	Расчёт ущерба почве и атмосфере при повреждении нефтепровода
8	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при порыве нефтепровода в месте подводного перехода

9	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при повреждении нефтепровода в месте подводного перехода
10	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при порыве нефтепровода в месте подводного перехода
11	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при повреждении нефтепровода в месте подводного перехода
12	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при порыве нефтепровода в месте подводного перехода
13	Расчёт ущерба окружающей природной среде (почве и атмосфере) при несанкционированной врезке в нефтепровод
14	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при повреждении нефтепровода в месте подводного перехода
15	Расчёт ущерба почве и атмосфере при порыве нефтепровода
16	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при порыве нефтепровода
17	Расчёт ущерба почве и атмосфере при повреждении нефтепровода
18	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при повреждении нефтепровода
19	Расчёт ущерба окружающей природной среде (почве и атмосфере) при несанкционированной врезке в нефтепровод
20	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при повреждении нефтепровода в пойме реки
21	Расчёт ущерба окружающей природной среде (почве и атмосфере) при несанкционированной врезке в нефтепровод
22	Расчёт ущерба почве и атмосфере при повреждении нефтепровода
23	Расчёт ущерба почве и атмосфере при повреждении нефтепровода
24	Расчёт ущерба почве и атмосфере при повреждении нефтепровода
25	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при повреждении нефтепровода
26	Расчёт ущерба водному объекту, почве и атмосфере при повреждении нефтепровода

Исходные данные по вариантам приведены в табл. 2 и Приложении ¹. Если Вы планируете использовать свои расчёты в выпускной квалификационной работе, то исходные данные примите

¹ Если вы считаете, что некоторые исходные данные заданы некорректно, либо их не хватает, то можете внести изменения, указав на это в пояснительной записке.

согласно рабочим материалам своей выпускной квалификационной работы.

Проверка на плагиат обязательна. Оригинальность работы должна составлять не менее 75%.

Таблица 2

Исходные данные по вариантам для курсовой работы по дисциплине «Ликвидация аварийных разливов нефти»

Вариант ²	Q^0 , м ³ /с	Q' , м ³ /с	P_1 , МПа	P_2 , МПа	P_0 , МПа	Плотность, кг/м ³	Толщина стенки, мм	Диаметр Трубы, мм
1	0,78	1,53	3,02	0,25	5,20	950	16	820
2	1,82	3,75	4,79	0,50	5,57	890	10	1220
3	0,93	3,50	3,70	0,56	6,02	890	14	820
4	1,74	3,37	3,04	0,41	5,59	860	12	1220
5	2,50	2,70	7,15	2,3	7,70	870	12	1220
6	1,15	2,14	4,99	0,49	4,49	850	14	1220
7	2,33	2,56	5,60	0,17	5,02	800	16	720
8	2,22	2,33	-	-	4,04	850	14	1020
9	2,04	2,34	2,34	0,98	4,42	850	16	1220
10	0,81	0,97	-	-	4,42	850	16	1220
11	2,34	2,56	3,42	0,31	3,86	850	16	1220
12	1,39	1,421	-	-	6,30	850	12	1020
13	0,94	1,15	5,00	0,55	6,00	815	9	820
14	1,304	1,75	3,60	0,52	5,91	905	11	1020
15	2,33	2,58	-	-	5,02	850	16	1020
16	0,972	1,107	-	-	6,42	782	11	530
17	0,85	2,32	4,10	0,50	6,1	890	16	1220

² Условные обозначения по методике [2]

18	0,48	0,52	5,94	1,01	6,22	800	14	1220
19	0,861	0,99	5,76	0,49	6,37	822	9	820
20	1,27	1,31	7,15	1,02	5,82	840	12	1220
21	0,94	2,30	4,14	0,55	6,0	850	16	1220
22	0,86	0,99	5,76	0,49	6,37	850	14	1020
23	2,33	2,56	4,20	0,17	5,02	818	16	1220
24	0,97	2,50	3,20	0,97	6,42	890	16	1220
25	1,74	1,87	4,04	0,41	5,59	810	16	1220
26	1,81	2,14	4,99	0,49	4,49	782	16	1220

Оценка курсовой работы происходит в два этапа – ходе текущего контроля (до 40 баллов) и на защите (до 60 баллов). Преподаватель проверяет работу, оценивает её в баллах и на титульном листе делает отметку «К защите». Либо в электронном курсе пишет допуск к защите. Для защиты студент готовит презентацию (до 15 слайдов) и доклад на 5-7 минут. Комиссия для защиты состоит не менее чем из двух человек, один из которых преподаватель дисциплины.

Расчёт общего количества нефти, вылившегося в результате аварии

Количество нефти, которое может вытечь из трубопровода при аварии, определяется рядом условий, а именно: площадь отверстия и его положение на трубе, место аварийного отверстия на профиле трубопровода, продолжительность утечки в напорном режиме (до её обнаружения и остановки насосов), продолжительность утечки в безнапорном режиме (до закрытия задвижек). Для прогнозирования возможных и ожидаемых (с учётом вероятности) объёмов утечки нефти и потерь нефти разработан специальный алгоритм, реализованный в

виде блок-схемы [2]. Согласно этой блок-схеме могут быть смоделированы 12 сценариев аварийной утечки нефти и получены 12 значений объёмов аварийной утечки. Сценарии определяются условиями аварии.

Расчёт общего количества нефти/нефтепродукта, вылившихся в результате аварии, может проводиться по методике [1], а также по методике, приведённой в приложении Ж Методического руководства [3].

При расчёте утечки общий объём вытекшей нефти составит

$$V = V_1 + V_2 + V_3,$$

где V_1 – объём нефти, вытекшей с момента повреждения до остановки перекачки;

V_2 – объём нефти, вытекшей с момента остановки перекачки до закрытия задвижек;

V_3 – объём нефти, вытекшей с момента закрытия задвижек до полного опорожнения участка трубопровода.

Определение экологического ущерба

Согласно методическим рекомендациям [4], оценка ущерба от аварий на опасных производственных объектах необходима по следующим причинам:

- для учета и регистрации аварий по единым экономическим показателям;
- для оценки риска аварий на опасных производственных объектах;
- для принятия обоснованных решений по обеспечению промышленной безопасности;

- для анализа эффективности мероприятий, направленных на снижение размера ущерба от аварий.

Структура ущерба от аварий на опасных производственных объектах (ОПО) включает помимо прямых и косвенных потерь расходы на локализацию и ликвидацию аварий, ущерб окружающей природной среде и т.д. [4] (рис. 1).

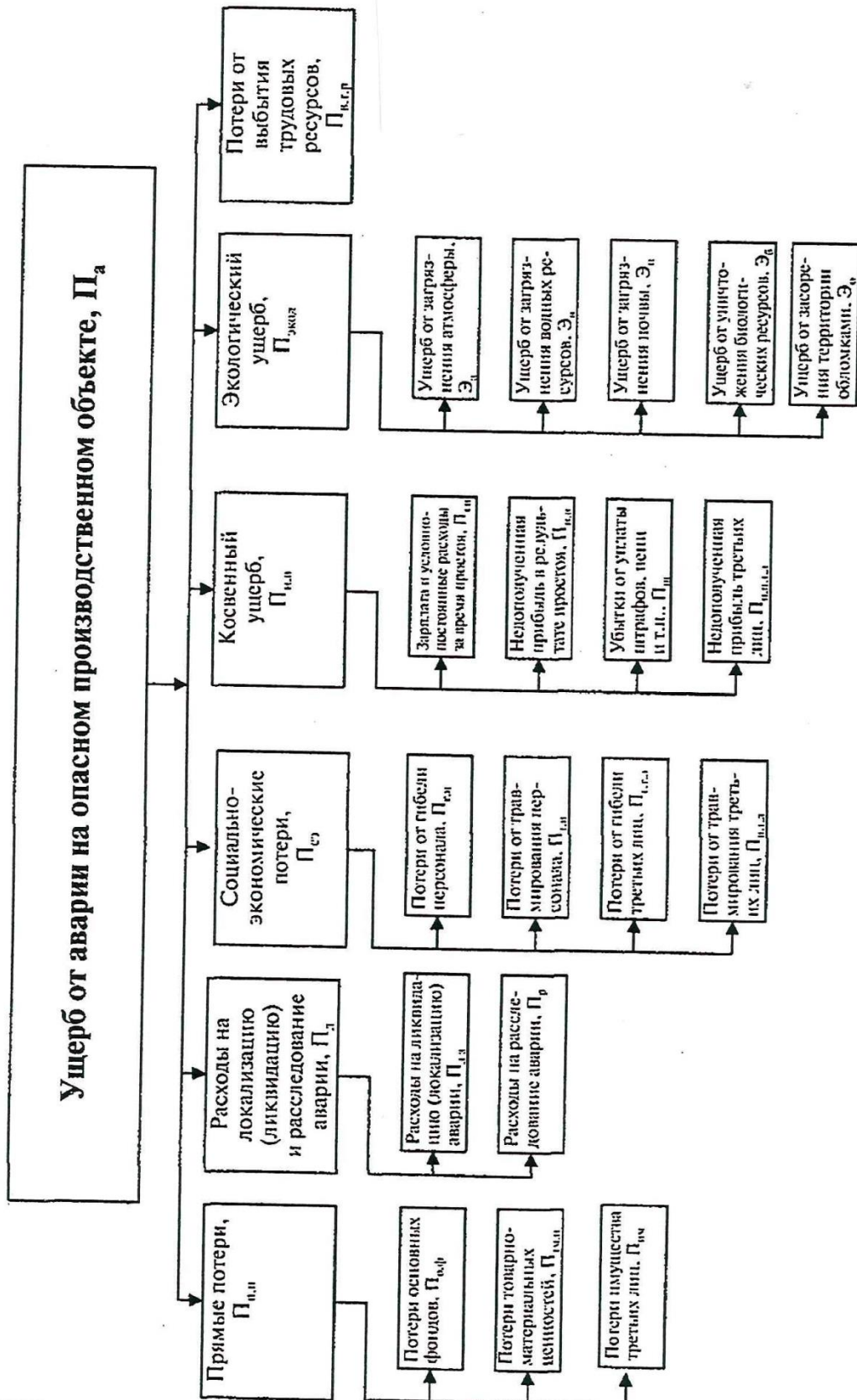


Рис. 1. Структура ущерба от аварий на опасных производственных объектах [4]

Ущерб от аварий на опасных производственных объектах может быть выражен в общем виде формулой [4]:

$$П_a = П_{п.п} + П_{л.а} + П_{сэ} + П_{н.в} + П_{экол} + П_{в.т.р}$$

где $П_a$ – полный ущерб от аварий, руб.;

$П_{п.п}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$П_{л.а}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, руб.;

$П_{сэ}$ – социально-экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей), руб.,

$П_{н.в}$ – косвенный ущерб, руб.,

$П_{экол}$ – экологический ущерб (урон, нанесенный объектам окружающей природной среды), руб.;

$П_{в.т.р}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности.

В курсовой работе мы определяем ущерб только окружающей природной среде (экологический ущерб). Существует несколько подходов к определению экологического ущерба. В частности, метод эмпирических зависимостей требует огромное количество статистического материала и практически не применяется. Более распространен подход, базирующийся на приведении различных примесей к агрегированному виду, при этом рассчитывается приведённая масса выбросов [5]. Структура расходов, вызываемых загрязнением окружающей природной среды, приведена на рис. 2 [5].

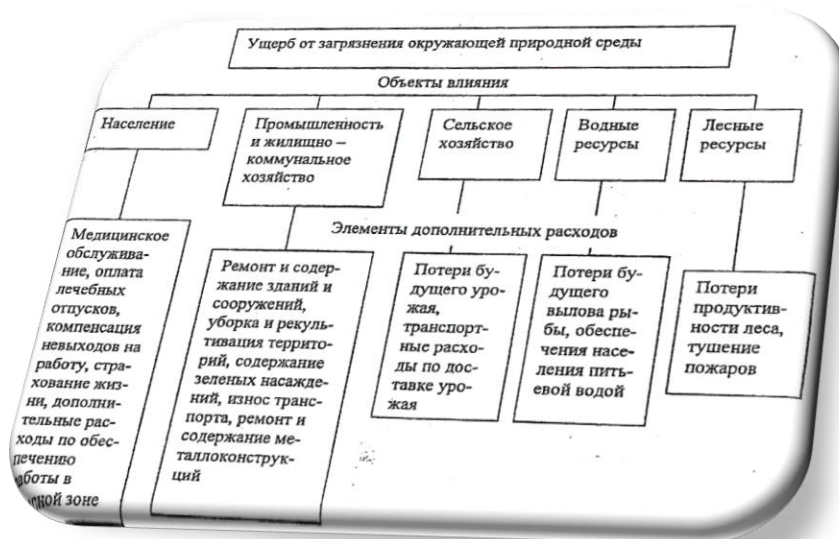


Рис. 2. Структура расходов, вызываемых загрязнением окружающей природной среды [5]

Экологический ущерб, $\Pi_{\text{экол}}$, рекомендуется определять как сумму ущербов от различных видов вредного воздействия на объекты окружающей природной среды [4]:

$$\Pi_{\text{экол}} = \mathcal{E}_a + \mathcal{E}_v + \mathcal{E}_п + \mathcal{E}_б + \mathcal{E}_о,$$

где \mathcal{E}_a – ущерб от загрязнения атмосферы, руб.,

\mathcal{E}_v – ущерб от загрязнения водных ресурсов, руб.,

$\mathcal{E}_п$ – ущерб от загрязнения почвы, руб.,

$\mathcal{E}_б$ – ущерб, связанный с уничтожением биологических (в том числе лесных массивов) ресурсов, руб.,

$\mathcal{E}_о$ – ущерб от засорения (повреждения) территории обломками (осколками) зданий, сооружений, оборудования и т.д., руб.

Таким образом, в Методических рекомендациях для ОПО выделено пять составляющих ущерба окружающей природной среде.

По отраслевому регламенту ПАО «Транснефть» [6] суммарный размер ущерба окружающей природной среде при авариях/инцидентах

на объектах магистральных нефтепроводов/нефтепродуктопроводов Y_3 , руб., нужно определять по формуле

$$Y_3 = Y_{\text{атм}} + Y_{\text{вод}} + Y_{\text{лесн}} + Y_{\text{био в}} + Y_{\text{охотн}} + Y_{\text{ожм}},$$

где $Y_{\text{атм}}$ – ущерб атмосферному воздуху, руб.,

$Y_{\text{вод}}$ – ущерб от загрязнения водных ресурсов, руб.,

$Y_{\text{почв}}$ – ущерб от загрязнения почвы, руб.,

$Y_{\text{лесн}}$ – ущерб лесам, руб.;

$Y_{\text{био в}}$ – ущерб водным биоресурсам, руб.,

$Y_{\text{охотн}}$ – ущерб охотничьим видам животных, руб.,

$Y_{\text{ожм}}$ – ущерб объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания, руб.

Здесь выделено шесть составляющих экологического ущерба. В курсовой работе необходимо рассчитать только первые три – ущерб атмосфере, водным ресурсам и почвам.

Согласно [6] воздействие на атмосферный воздух при аварии/инциденте с разливом определяется загрязнением атмосферного воздуха как в результате испарения легких фракций углеводородов с загрязненной поверхности, так и при поступлении продуктов горения в результате пожара. Критерием при исчислении размера ущерба в этом случае является масса выбросов загрязняющих веществ, а расчёт ущерба проводится как плата за сверхлимитный выброс.

Расчёт размера ущерба атмосферного воздуха согласно «Порядку применения действующих методик расчёта...» [6] определён в документах [1, 7, 8, 9, 10, 11].

Расчёт ущерба водным объектам может проводиться двумя путями – исходя из фактических затрат на компенсацию вреда, либо расчётным

путём. Во втором случае исходными данными являются масса загрязненного вещества и длительность негативного воздействия на водные объекты [6].

Расчёт ущерба водным объектам при аварийных разливах нефти проводится по методике, определенной в [12].

Критерием для определения ущерба почвам является превышение ПДК нефти/нефтепродуктов для почв. Исходными данными для расчёта ущерба будут площадь и глубина загрязнения, фактическое содержание в почве углеводородов.

Определение ущерба почвам при авариях/инцидентах на объектах магистральных нефтепроводов проводится согласно методике [13]

При расчёте объема нефти, вылившегося при аварии, для уточнения некоторых формул, заданных в старой редакции, используют другие источники [14]. Примеры решения задач на истечение жидкости из трубопровода при его повреждении приведены в задачнике [15].

Заключение

Курсовая работа выполняется и оформляется в соответствии с требованиями, принятыми в ТПУ к курсовым работам [16]. Приведём только некоторые из них:

- В структуре пояснительной записки обязательно должны иметь место «Введение», «Заключение», «Содержание», «Литература».
- В «Заключении» укажите процент оригинальности. Распечатку с Антиплагиата приведите в приложении к курсовой работе
- Страницы должны быть пронумерованы.

- Недопустим неряшливый набор текста. Обратите внимание на написание индексов и степеней: правильно – $9,81 \text{ м/с}^2$; неправильно – $h_{cp} = 5 \text{ м}$.

- Численные значения и пояснения символов и коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения символов не приводят в том случае, если они пояснены в абзацах текста, расположенных рядом с формулой. Значение каждого символа печатают с новой строки в той последовательности, в которой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

При выполнении и оформлении курсовой работы обратите внимание также на следующее.

- Условные обозначения параметров соответствуют «Методике...» [1].

- Гидравлический уклон в исправном состоянии рассчитайте согласно «Методического руководства...» [17], либо по учебнику [18].

- Профиль нефтепровода постройте в одном из графических редакторов или от руки. Соблюдайте при этом общие геодезические правила. Обязательно оцифруйте оси. Не забудьте подписать горизонтальный и вертикальный масштабы. Помните, что для правильного изображения рельефа вертикальный масштаб должен быть меньше горизонтального в 10-20 раз.

- На линии профиля покажите положение нефтеперекачивающих станций, задвижек, место повреждения трубопровода. Для точек перелома профиля подпишите значения абсолютных отметок. Приведите условные обозначения. Смотрите пример в методике [1].

- При расчёте объёма нефти с момента повреждения до остановки перекачки (формула 2.2 [1]) весь ряд подставляемых значений должен иметь одинаковую размерность, например: правильно – $Z_1 = 105 \text{ м}$, $l = 10000 \text{ м}$; неправильно – $Z_1 = 105 \text{ м}$, $l = 10 \text{ км}$.
- В формуле (2.2) [1] значения Z_1 и Z_2 это отметки начала и конца трассы, где стоят нефтеперекачивающие станции.
- Единица, наименование которой образовано путём присоединения приставки *мега* к наименованию исходной единицы, получается в результате умножения исходной единицы на число 10^6 , т.е. на один миллион. [19]
- Элементарный интервал времени, в течение которого режим истечения (напор и расход) принимается постоянным, выберите самостоятельно исходя из условий своей задачи. Не стоит слишком мельчить.
- При определении количества нефти, вылившегося из трубы после остановки перекачки до закрытия задвижек, расчёт V_i повторите столько раз, сколько элементарных интервалов времени вы имеете.
- При определении длины трубы для формулы (2.12) [1] не забудьте учесть ту её часть, которая уже освободилась после отключения насосных станций.
- Обратите внимание на особенности режима истечения нефти при разрыве трубы на полное сечение, за которыми следуют особенности расчёта.

Литература

1. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах. – Утв. Минтопэнерго 1 ноября 1995. – Режим доступа: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293836/4293836449.htm>.
2. Мартынюк В.Ф., Прусенко Б.Е. Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях: Учеб. пособие для вузов. – М: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 336 с.
3. РД-13.020.00-КТН-148-11 Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах
4. РД-03-496-02 Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 29.10.02 №63
5. Основы технико-экономического обоснования экологических проектов: учебное пособие/Л.А. Коршунова, Н.Г. Кузьмина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2006. – 113 с.
6. ОР-13.020.30-КТН-161-13 Порядок применения действующих методик расчёта ущерба окружающей природной среде при инцидентах и авариях с разливами нефти и нефтепродуктов. Примеры расчётов. ПАО «Транснефть», 2013. – 80 с.
7. Порядок определения платы и её предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия (утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 28.08. 1992 №632)

8. Постановление Правительства Российской Федерации от 12.06.2003 №344) «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления»
9. Письмо Ростехнадзора от 31.08.2006 № 04-10/609 «Применение повышающих коэффициентов при расчёте платы за загрязнение»
10. Методика расчёта выбросов от источников горения при разливе нефти и нефтепродуктов (утв. Приказом Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды от 05.03.97 №90)
11. Методика расчёта выбросов вредных веществ в атмосферу при свободном горении нефти и нефтепродуктов (утв. Самарским областным комитетом охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 03.071996)
- 16 из РД Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.02 №7 ФЗ
12. Методика исчисления размера вреда, причинённого водным объектам вследствие нарушения водного законодательства (утв. приказом Минприроды России по охране окружающей среды от 13.04.2009 №87)
13. Методика исчисления размера вреда, причинённого почвам как объекту охраны окружающей среды (утв. приказом Минприроды России по охране окружающей среды от 08.07.2010 №238)
14. Учебное пособие по расчёту ущерба окружающей природной среде при авариях на нефтепроводах с использованием программного

- продукта «Аварии на нефтепроводах». Фомина Е.Е. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009. – 56 с.
15. Лурье М.В. задачник по трубопроводному транспорту нефти, нефтепродуктов и газа: Учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 349 с.
 16. СТО ТПУ 2.5.01 - 2006 «Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления» – Режим доступа: http://portal.tpu.ru/SHARED/w/WOROB/111/RUK_WKR/Tab1/OFO_RM_WKR.pdf
 17. Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ: методическое руководство к выполнению индивидуального задания для студентов специальности 080502 «Экономика и управление на предприятии (в нефтяной и газовой промышленности)» / А.В. Панкратов, А.В. Шадрин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 54 с,
 18. Трубопроводный транспорт нефти / Г.Г. Васильев, Г.Е. Коробков, А.А. Коршак и др.; под редакцией С.М. Вайнштока: Учеб. Для вузов: – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – Т. 1. – 407 с.
 19. Мега: материал из Википедии. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B3%D0%B0>

ПРИЛОЖЕНИЕ. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Вариант 1

Подземный нефтепровод диаметром 1220 мм с толщиной стенки 16,0 мм, длиной 152 км между двумя насосными станциями, глубина заложения 2 м. Давление в нефтепроводе 3,02 МПа. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 114-122 км. Нефтеперекачивающая станция находится на 152 км.

Место аварии 121,8 км – подводный переход. Вдоль продольного шва по вертикальной образующей в 32° от вертикальной оси в результате коррозии образовалась трещина длиной 0,23 м с величиной максимального раскрытия кромок разрыва равной 0,015 м. Общая площадь загрязнения нефтью составила 1300 м^3 . Из них 800 м^2 – загрязнение нефтью береговой зоны. Левая задвижка от места аварии находится на 117 км трассы, правая – 127 км. Время возникновения аварии – 01.07.2008 г. В 12:00. Время остановки перекачки нефти – 30 минут. Время закрытия задвижек – 9 минут. Температура наружного воздуха равна 25° C , температура верхнего слоя земли 22° C , температура верхнего слоя воды 18° C . Грунт берега – гравий влажностью 60%.

$C_{\text{ф}} = 0,05 \text{ г/м}^3$ – концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;

$C_{\text{р}} = 8 \text{ г/м}^3$ – концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии; $m_{\text{р}} = 70 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки после аварии; $m_{\text{ф}} = 0,2 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки до аварии; $m_{\text{пл.ост.}} = 0,4 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 после ликвидации аварии;

$F_{\text{н}} = 500 \text{ м}^2$ – площадь поверхности реки, покрытая разлитой нефтью;

$D_{\text{п}} = 0,01 \text{ м}$ – толщина слоя нефти на поверхности земли;

$D_{\text{в}} = 0,003 \text{ м}$ – толщина слоя нефти на водной поверхности;

$T_{\text{н.п.}} = 48 \text{ ч}$ – продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$T_{\text{н.в.}} = 48 \text{ ч}$ – продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности;

$q_{\text{н.в.}} = 290 \text{ г/м}^2$ – удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на воде;

³ На основе задачи 6.1 [14]

$U_{IV} = 80$ руб./т – удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;

Кт.н.=4 – класс токсичности нефти.

Регион – Западно-Сибирский экономический район.

Период восстановления земель – 3 года.

Степень загрязнения – средняя.

Глубина пропитки почвы – 5 см.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м		№ п/п	X, м	Z, м
1	0	26,4		10	128000	129,2
2	104000	49,8		11	129000	145,7
3	105000	36,6		12	130000	129,1
4	121000	27,2		13	131500	150,4
5	121800	4,6		14	134000	105,8
6	123500	152,5		15	136500	190,1
7	124000	130,0		16	140500	187,2
8	125000	123,1		17	147000	165,4
9	127000	156,3		18	152000	152,9

Вариант 2

На нефтепроводе диаметром 1220 мм на 55 км от насосной станции в начале мая произошло повреждение по верхней образующей трубы в 46° от вертикальной оси длиной 0,2 м с максимальным раскрытием кромок 0,025 м.

Вылившаяся нефть растеклась по местности с суглинистой почвой (влажностью 20%) и впиталась в грунт, часть попала в реку, которая находится на 52 км, часть распространилась по местности на поверхности талых вод, большая часть нефти была собрана в земляные амбары.

Замерами установлено, что разлившаяся нефть загрязнила 55000 м^2 пашни при глубине пропитки $h_{\text{ср}} = 0,078 \text{ м}$, 77000 м^2 поверхности талых вод.

$T_a = 10 \text{ ч } 10 \text{ мин.}$ - время повреждения нефтепровода;

$T_o = 10 \text{ ч } 20 \text{ мин.}$ - время остановки насосов;

$T_z = 10 \text{ ч } 40 \text{ мин.}$ - время закрытия задвижек;

$T_i = 0,1 \text{ ч}$ - элементарный интервал времени, внутри которого режим истечения принимается неизменным; $l = 100 \text{ км}$ - протяженность аварийного участка нефтепровода между двумя насосными станциями;

48 км - расстояние от НПС до задвижки 1; 58

км - расстояние от НПС до задвижки 2; $h_T =$

2 м - глубина заложения нефтепровода; $t_n =$

10°C - температура верхнего слоя земли; $t_b =$

5°C - температура воды; $t_{\text{воз.}} = 15^\circ\text{C}$ -

температура воздуха;

$C_\phi = 0,05 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;

$C_p = 10 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии; $m_p = 80 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м^2

площади реки после аварии; $m_\phi = 0,2 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м^2

площади реки до аварии; $m_{\text{пл. ост.}} = 0,7 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м^2

после ликвидации аварии;

$F_n = 100000 \text{ м}^2$ - площадь поверхности реки, покрытая разлитой нефтью;

$F_{\text{т.в.}} = 77000 \text{ м}^2$ - площадь загрязненных талых вод;

$F_a = 2500 \text{ м}^2$ - площадь земляного амбара;

$\Delta_n = 0,005 \text{ м}$ - толщина слоя нефти на поверхности земли;

$\Delta_b = 0,003$ м - толщина слоя нефти на водной поверхности;

$T_{и.п.} = 48$ ч - продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли; $T_{и.в.} = 48$ ч - продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности;

$q_{и.а.} = 4620$ г/м² - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м² поверхности амбара;

$q_{и.в.} = 3550$ г/м² - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м² поверхности нефти, разлившейся на воде;

$q_{и.т.в.} = 387$ г/м² - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м² поверхности талых вод;

$U_{IV} = 80$ руб./т - удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса; $K_{т.н.} = 4$ - класс токсичности нефти.

Регион – Красноярский край.

Период восстановления земель – 6-7 лет.

Степень загрязнения – средняя .

Глубина пропитки почвы – 5 см.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	161,18	10	56	210,00
2	48	149,88	11	57	205,45
3	49	186,86	12	58	181,72
4	50	171,15	13	59	131,36
5	51	163,75			
6	52	123,64			
7	53	202,94			
8	54	192,94			
9	55	180,35	14	100	123,17

Вариант 3

На нефтепроводе диаметром и 1220 мм и толщиной стенки 14 мм на 32 км от насосной станции в конце апреля произошел разлив нефти на подводном переходе. В трубе результате коррозии образовалось отверстие – 31 мм х 20 мм (овальной формы). Отверстие расположено по верхней образующей трубы в 15° от вертикальной оси.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м		№ п/п	X, м	Z, м
1	0	161,18		10	36	210,00
2	28	149,88		11	37	205,45
3	29	186,86		12	38	181,72
4	30	171,15		13	39	131,36
5	31	163,75				
6	32	123,64				
7	33	202,94				
8	34	192,94				
9	35	180,35		14	83	123,17

$T_a = 7 \text{ ч } 15 \text{ мин}$	- время повреждения нефтепровода;
$T_o = 7 \text{ ч } 30 \text{ мин}$	- время останова насосов;
$T_z = 8 \text{ ч } 10 \text{ мин}$	- время закрытия задвижек;
$l = 83 \text{ км}$	- протяженность аварийного участка нефтепровода между двумя насосными станциями;
$l_{\text{зав}1} = 28 \text{ км}$	- расстояние от НПС до задвижки 1;
$l_{\text{зав}2} = 38 \text{ км}$	- расстояние от НПС до задвижки 2;
$h_T = 1.5 \text{ м}$	- глубина заложения нефтепровода;
$t_{\text{г}} = 5^\circ\text{C}$	- температура верхнего слоя земли;
$t_{\text{в}} = 4^\circ\text{C}$	- температура воды;
$t_{\text{воз}} = 7^\circ\text{C}$	- температура воздуха;
$C_{\text{ф}} = 0,05 \text{ г/м}^3$	- концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;
$C_{\text{р}} = 8 \text{ г/м}^3$	- концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии;
$m_{\text{р}} = 70 \text{ г/м}^2$	- удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки после аварии;

$m_{\phi}=0,2 \text{ г/м}^2$	- удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки до аварии;
$m_{\text{пл.ост.}}=0,4 \text{ г/м}^2$	- удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 после ликвидации аварии;
$F_{\text{н}}=60000 \text{ м}^2$	- площадь поверхности реки, покрытая разлитой нефтью;
$F_{\text{т.в.}}=42000 \text{ м}^2$	- площадь загрязненных талых вод;
$F_{\text{а}}=2000 \text{ м}^2$	- площадь земляного амбара;
$D_{\text{п}}=0,01 \text{ м}$	- толщина слоя нефти на поверхности земли;
$D_{\text{в}}=0,003 \text{ м}$	- толщина слоя нефти на водной поверхности;
$q_{\text{н.а.}}=4620 \text{ г/м}^2$	- удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности амбара;
$q_{\text{н.в.}}=256 \text{ г/м}^2$	- удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на воде;
$q_{\text{н.т.в.}}=141 \text{ г/м}^2$	- удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности талых вод;
$U_{\text{iv}}=80 \text{ руб./т}$	- удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;
$K_{\text{т.н.}}=4$	- класс токсичности нефти.
Регион	Краснодарский край
Период восстановления земель	8-10 лет
Степень загрязнения	высокая
Глубина пропитки почвы	7 см

Вариант 4

В результате несанкционированной врезке на 55 км нефтепровода образовалось отверстие диаметром 50 мм. Оно расположено по верхней образующей трубы в 50° от вертикальной оси. Задвижки расположены на 53 и 70 км.

Вылившаяся нефть растеклась по местности с суглинистой почвой и впиталась в грунт, большая часть нефти была собрана в земляные амбары.

Замерами установлено, что разлившаяся нефть загрязнила 21000 м² пашни при глубине пропитки $h_{cp}=0,5$ м, масса собранной с поверхности земли нефти в амбары составила 800 т.

$T_a=8$ ч 15 мин	– время врезки отвода;
$T_o=8$ ч 20 мин	– время останова насосов;
$T_z=8$ ч 32 мин	– время закрытия задвижек;
$h_T=2$ м	– глубина заложения нефтепровода;
$t_{п}=5^{\circ}C$	– температура верхнего слоя земли;
$t_{воз}=7^{\circ}C$	– температура воздуха;
$F_a=5000$ м ²	– площадь земляного амбара;
$D_{п}=0,01$ м	– толщина слоя нефти на поверхности земли;
$T_{н.п.}=48$ ч	– продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;
$q_{н.п.}=556$ г/м ² разлившейся на земле;	– удельная величина выбросов углеводородов с 1 м ² поверхности нефти,
$q_{н.а.}=4620$ г/м ²	– удельная величина выбросов углеводородов с 1 м ² поверхности амбара;
$U_{iv}=80$ руб./т	– удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;
$K_{т.н.}=4$	– класс токсичности нефти.
Регион	Московская область
Период восстановления земель	4 года
Степень загрязнения	средняя
Глубина пропитки почвы	5 см

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	161,18	10	56	210,00
2	48	149,88	11	57	205,45
3	49	186,86	12	58	181,72
4	50	171,15	13	59	171,36
5	51	163,75	14	60	179,25
6	52	123,64	15	61	191,40

7	53	202,94		16	62	158,16
8	54	192,94		17	63	163,20
9	55	180,35		18	70	154,54
				19	100	160,00

Вариант 5

Подземный нефтепровод диаметром 1220 мм с толщиной стенки 12,0 мм, длиной 152 км между двумя насосными станциями, глубина заложения 2 м. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 134,5-142,5 км. Нефтеперекачивающая станция находится на 152 км.

На 140 км нефтепровода в результате коррозии образовалось отверстие диаметром 50 мм. Оно расположено по верхней образующей трубы в 21° от вертикальной оси. Общая площадь загрязнения нефтью составила 142800 м^2 . Из них 800 м^2 – площадь нефтенасыщенного грунта. Левая задвижка от места аварии находится на 130 км трассы, правая – 149 км. Время возникновения аварии – 20.04.2008 г. в 14:00. Время остановки перекачки нефти – 30 минут. Время закрытия задвижек – 9 минут. Температура наружного воздуха равна 20° C , температура верхнего слоя земли 10° C , температура верхнего слоя воды 0° C . Грунт берега – гравий влажностью 60%.

$C_{\text{ф}} = 0,05 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;

$C_{\text{р}} = 8 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии; $m_{\text{р}} = 70 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки после аварии; $m_{\text{ф}} = 0,2 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки до аварии; $m_{\text{пл.ост.}} = 0,4 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 после ликвидации аварии;

$F_{\text{н}} = 80000 \text{ м}^2$ - площадь поверхности реки, покрытая разлитой нефтью;

$D_{\text{п}} = 0,012 \text{ м}$ - толщина слоя нефти на поверхности земли;

$D_{\text{в}} = 0,003 \text{ м}$ - толщина слоя нефти на водной поверхности;

$T_{\text{н.п.}} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$T_{\text{н.в.}} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности;

$q_{\text{н.в.}} = 150 \text{ г/м}^2$ - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на воде;

$U_{\text{IV}} = 80 \text{ руб./т}$ - удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;

$K_{\text{т.н.}} = 4$ - класс токсичности нефти.

Степень загрязнения – средняя. Глубина пропитки почвы – 3 см.

Регион – Сахалинская область

Период восстановления земель – 2 года.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м		№ п/п	X, м	Z, м
1	0	4,4		13	131500	190,1
2	104000	49,8		14	134000	100
3	105000	36,6		15	136500	56
4	121000	27,2		16	140000	10
5	121800	4,6		17	141000	12,12
6	123500	152,5		18	142000	27,2
7	124000	130,0		19	143000	80,00
8	125000	123,1		20	146000	120,10
9	127000	156,3		21	147000	178,20
10	128000	129,2		22	148000	189,50
11	129000	145,7		23	149000	180,00
12	130000	129,1		24	152000	190,00

Вариант 6

На нефтепроводе диаметром 1220 мм на 77 км от насосной станции в начале мая произошло повреждение по нижней образующей трубы в 16° от вертикальной оси длиной 0,3 м с максимальным раскрытием кромок 0,035 м.

Вылившаяся нефть растеклась по местности с торфяной почвой (влажность 40%) и впиталась в грунт, часть распространилась по местности на поверхности талых вод, большая часть нефти была собрана в земляные амбары.

Замерами установлено, что разлившаяся нефть загрязнила 70000 м^2 пашни при глубине пропитки $h_{\text{ср}} = 0,07 \text{ м}$, 90000 м^2 поверхности талых вод.

$T_a = 12 \text{ ч } 10 \text{ мин.}$ - время повреждения нефтепровода;

$T_o = 12 \text{ ч } 20 \text{ мин.}$ - время остановки насосов;

$T_z = 12 \text{ ч } 40 \text{ мин.}$ - время закрытия задвижек;

$l(\text{задв. 1}) = 55 \text{ км}$ - расстояние от НПС до задвижки 1;

$l(\text{задв. 2}) = 78 \text{ км}$ - расстояние от НПС до задвижки 2;

$h_T = 2 \text{ м}$ - глубина заложения нефтепровода;

$t_{\text{п}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ - температура верхнего слоя земли;

$t_{\text{в}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ - температура воды;

$t_{\text{воз.}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ - температура воздуха;

$C_{\text{ф}} = 0,05 \text{ г/куб. м}$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;

$C_{\text{р}} = 10 \text{ г/куб. м}$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии;

$\delta_{\text{п}} = 0,005 \text{ м}$ - толщина слоя нефти на поверхности земли;

$T_{\text{и.п.}} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$q_{\text{и.а.}} = 4620 \text{ г/кв. м}$ - удельная величина выбросов углеводородов с 1 кв. м поверхности амбара;

$q_{\text{и.т.в.}} = 387 \text{ г/кв. м}$ - удельная величина выбросов углеводородов с 1 кв. м поверхности талых вод;

$U_{\text{IV}} = 80 \text{ руб./т}$ - удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса; $K_{\text{т.н}} = 4$ - класс токсичности нефти.

Регион – Ленинградская область

Период восстановления земель – 3 года.

Степень загрязнения – средняя .

Глубина пропитки почвы – 4 см.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м		№ п/п	X, м	Z, м
1	0	73,7		13	76000	120,6
2	44000	122,0		14	77000	127,8
3	54000	166,8		15	78000	144,8
4	55000	105,4		16	79000	3,2
5	60000	79,0		17	80000	19,1
6	65000	107,0		18	82000	24,6
7	70000	149,5		19	84000	25,6
8	71000	127,7		20	87000	30,4
9	72000	140,1		21	88000	33,7
10	73000	127,5		22	90000	48,4
11	74000	153,8		23	94000	50,6
12	75000	126,6		24	98000	43,2

Вариант 7

Подземный нефтепровод диаметром 1220 мм с толщиной стенкой 16 мм, длиной 152 км, глубина заложения 2 м. Давление в нефтепроводе 5,6 МПа. Нефтеперекачивающая станция находится на 152 км.

В результате несанкционированной врезки на 140,5 км нефтепровода образовалось отверстие диаметром 50 мм. Оно расположено по верхней образующей трубы в 30° от вертикальной оси.

Левая задвижка от места аварии находится на 128 км трассы, правая – 148 км.

Время возникновения аварии – 10.01.2008 в 14:00. Время остановки перекачки нефти – 30 мин. Время закрытия задвижек – 9 минут.

Температура наружного воздуха равна минус 15°С, температура верхнего слоя земли минус 10°С.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода²

№ п/п	X, м	Z, м
1	0	46,4
2	104000	49,8
3	105000	36,6
4	121000	27,2
5	121800	4,6
6	123500	152,5
7	124000	130,0
8	125000	123,1
9	127000	156,3
10	128000	129,2
11	129000	145,7
12	130000	129,1
13	131500	150,4
14	134000	105,8
15	136500	223,4
16	140500	187,2
17	147000	195,4
18	152000	72,9

$Z_m = 187,2$ - геодезическая отметка места повреждения;

$F_{гр} = 1620 \text{ м}^2$ - площадь нефтенасыщенного грунта;

$t_{п} = -10^\circ\text{С}$ - температура верхнего слоя земли;

$t_{воз} = -15^\circ\text{С}$ - температура воздуха;

$D_{п} = 0,01 \text{ м}$ - толщина слоя нефти на поверхности земли;

$T_{н.п.} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$q_{н.а.} = 4620 \text{ г/м}^2$ - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности амбара;

$q_{н.т.в.} = 141 \text{ г/м}^2$ - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности талых вод;

$U_{iv} = 80$ руб./т - удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;

$K_{т.н.} = 4$ - класс токсичности нефти.

Регион – Калининградская область Период
восстановления земель – 4 года.

Степень загрязнения – средняя.

Глубина пропитки почвы – 5 см.

Вариант 8⁴

Участок подземного нефтепровода между нефтеперекачивающими станциями длиной 98 км, диаметром 1020 мм с толщиной стенкой 14 мм. Глубина заложения 2 м.

Нефтеперекачивающие станции находятся на 0 и 98 км участка нефтепровода.

Место аварии 60 км. Произошел гильотинный разрыв нефтепровода. Общая площадь загрязнения нефтью составила 40970 м².

Левая задвижка от места аварии находится на 44 км трассы, правая – 70 км.

Время возникновения аварии – 16.03.2008 г. в 09-00. Время остановки перекачки нефти – 5 минут. Время закрытия задвижек – 30 минут.

Температура наружного воздуха равна 10° С, температура верхнего слоя земли 7° С, температура верхнего слоя воды 5° С. Грунт – супесь и суглинок при влажности 20%.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	43,2	13	76000	126,6
2	44000	50,6	14	77000	153,8
3	54000	48,4	15	78000	127,5
4	55000	33,7	16	79000	140,1
5	60000	30,4	17	80000	127,7
6	65000	25,6	18	82000	149,5
7	70000	24,6	19	84000	107,0
8	71000	19,1	20	87000	79,0
9	72000	3,2	21	88000	105,6
10	73000	144,8	22	90000	166,8
11	74000	127,8	23	94000	122,0
12	75000	120,6	24	98000	73,7

$D_n=0,01$ м – толщина слоя нефти на поверхности земли;

$T_{н.п.}=48$ ч – продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$q_{н.а.}=4620$ г/м² – удельная величина выбросов углеводородов с 1 м² поверхности амбара;

Регион	Иркутская область
Период восстановления земель	6 лет
Степень загрязнения	средняя
Глубина пропитки почвы	5 см

⁴ На основе задачи 6.4 [2]

Вариант 9

Подземный нефтепровод диаметром 1220 мм с толщиной стенки 16 мм, длиной 152 км между двумя насосными станциями, глубина заложения 2 м. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 128 км. Нефтеперекачивающая станция находится на 152 км.

Место аварии 128 км – подводный переход. Вдоль продольного шва в результате коррозии образовалась трещина (по нижней образующей трубы в 10 градусах от вертикальной оси) длиной 0,2 м с величиной максимального раскрытия кромок разрыва равной 0,03 м. Общая площадь загрязнения нефтью составила 1752 м². Из них 800 м² – загрязнение нефтью береговой зоны. Левая задвижка от места аварии находится на 121 км трассы, правая – 131,5 км. Время возникновения аварии – 01.07.2008 г. в 12:00. Время остановки перекачки нефти – 30 минут. Время закрытия задвижек – 9 минут. Температура наружного воздуха равна 25° С, температура верхнего слоя земли 22° С, температура верхнего слоя воды 18° С. Грунт берега – песок влажностью 60%.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	4,6	10	128000	105,8
2	104000	152,5	11	129000	190,1
3	105000	130	12	130000	187,2
4	121000	123,1	13	131500	165,4
5	121800	156,3	14	134000	72,9
6	123500	129,2	15	136500	46,4
7	124000	145,7	16	140500	49,8
8	125000	129,1	17	147000	36,6
9	127000	150,4	18	152000	27,2

$C_{\phi} = 0,05 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;

$C_p = 6 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии; $m_p = 70 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м² площади реки после аварии; $m_{\phi} = 0,1 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м² площади реки до аварии; $m_{\text{пл.ост.}} = 0,5 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м² после ликвидации аварии;

$F_n = 952 \text{ м}^2$ - площадь поверхности реки, покрытая разлитой нефтью;

$T_{\text{н.п.}} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$T_{\text{н.в.}} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности;

$q_{\text{н.в.}} = 403,5 \text{ г/м}^2$ - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м² поверхности нефти, разлившейся на воде;

$U_{\text{IV}} = 80 \text{ руб./т}$ - удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;

$K_{\text{т.н.}} = 4$ - класс токсичности нефти.

Регион	Читинская область
Период восстановления земель	10 лет
Степень загрязнения	сильная
Глубина пропитки почвы	6 см

Вариант 10

Участок подземного нефтепровода между нефтеперекачивающими станциями длиной 152 км, диаметром 1220 мм с толщиной стенкой 16 мм. Глубина заложения 2 м. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 114-123 км. Нефтеперекачивающие станции находятся на 0 и 152 км участка нефтепровода. Место аварии 121,8 км. Произошел гильотинный разрыв нефтепровода. Общая площадь загрязнения нефтью составила 52470 м². Из них 25000 м² – загрязнение береговой зоны.

Левая задвижка от места аварии находится на 113 км трассы, правая – 123,5 км. Время возникновения аварии – 05.05.2010 г. в 15-00. Время остановки перекачки нефти – 5 минут. Время закрытия задвижек – 9 минут. Температура наружного воздуха была 15° С, температура верхнего слоя земли 12° С, температура верхнего слоя воды 9° С. Грунт – примите самостоятельно.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	4,6	10	128000	105,8
2	104000	152,5	11	129000	190,1
3	105000	130	12	130000	187,2
4	121000	123,1	13	131500	165,4
5	121800	120,3	14	134000	72,9
6	123500	129,2	15	136500	46,4
7	124000	145,7	16	140500	49,8
8	125000	129,1	17	147000	36,6
9	127000	150,4	18	152000	27,2

$C_{\phi}=0,05 \text{ г/м}^3$ – концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;

$C_p=8 \text{ г/м}^3$ – концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии; $m_p=110 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки после аварии; $m_{\phi}=0,36 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки до аварии; $m_{\text{пл.ост.}}=0,4 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 после ликвидации аварии;

$D_{\text{п}}=0,07 \text{ м}$ – толщина слоя нефти на поверхности земли;

$D_{\text{в}}=0,003 \text{ м}$ – толщина слоя нефти на водной поверхности;

$T_{\text{н.п.}}=48 \text{ ч}$ – продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли; T

$_{\text{н.в.}}=48 \text{ ч}$ – продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности; q

$_{\text{н.а.}}=4620 \text{ г/м}^2$ – удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности амбара;

$q_{\text{н.в.}}=290 \text{ г/м}^2$ – удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на воде;

$q_{\text{т.в.}}=141 \text{ г/м}^2$ – удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на воде;

Регион – Хабаровский край

Период восстановления земель – 3 года.

Степень загрязнения – средняя .

Глубина пропитки почвы – 5 см.

Вариант 11

Участок подземного нефтепровода между нефтеперекачивающими станциями длиной 152 км, диаметром 1220 мм с толщиной стенки 16 мм. Глубина заложения 2 м. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 68,5 69,5 км.

Нефтеперекачивающие станции находятся на 0 и 152 км участка нефтепровода.

Место аварии 70 км. Образовалась трещина в результате коррозии вдоль продольного шва нефтепровода. Её размеры – длина 0,23 м, максимальное раскрытие кромок разрыва 0,015 м. Расположение – по верхней образующей в 25 градусов от вертикальной оси. Общая площадь загрязнения нефтью составила 1752 м². Из них 800 м² – загрязнение береговой зоны.

Левая задвижка от места аварии находится на 67 км трассы, правая – 71 км.

Время возникновения аварии – 01.07.2012 г. в 12-00. Время остановки перекачки нефти – 30 минут. Время закрытия задвижек – 15 минут.

Температура наружного воздуха равна 25° С, температура верхнего слоя земли 22° С, температура верхнего слоя воды 18° С. Грунт – примите самостоятельно.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	210	10	77000	179
2	69000	149,88	11	78000	176
3	70000	110,12		...	...
4	71000	171,15		...	...
5	72000	163,75		...	...
6	73000	186,86		....	....
7	74000	185		...	...
8	75000	182		...	...
9	76000	180	n	152000	130

$C_f=0,2 \text{ г/м}^3$ – концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;
 $C_p=8 \text{ г/м}^3$ – концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии; $m_p=70 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м² площади реки после аварии; $m_f=0 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м² площади реки до аварии; $m_{\text{пл.ост.}}=0,2 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м² после ликвидации аварии;
 $D_{\text{п}}=0,01 \text{ м}$ – толщина слоя нефти на поверхности земли;
 $D_{\text{в}}=0,003 \text{ м}$ – толщина слоя нефти на водной поверхности;
 $T_{\text{н.п.}}=48 \text{ ч}$ – продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли; $T_{\text{н.в.}}=48 \text{ ч}$ – продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности; $q_{\text{н.в.}}=387 \text{ г/м}^2$ – удельная величина выбросов углеводородов с 1 м² поверхности нефти, разлившейся на воде;
Регион – Амурская область
Период восстановления земель – 9 лет.

Степень загрязнения – сильная .

Глубина пропитки почвы – 8 см.

Вариант 12

Подземный нефтепровод диаметром 1020 мм с толщиной стенки 12,0 мм, длиной 152 км между двумя насосными станциями, глубина заложения 2 м. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 114-123 км. Нефтеперекачивающая станция находится на 152 км.

Место аварии 122 км – подводный переход. Разрыв трубопровода на полное сечение. Общая площадь загрязнения нефтью составила 52470 м². Из них 25000 м² – загрязнение нефтью береговой зоны.

Левая задвижка от места аварии находится на 113 км трассы, правая – 123 км. Время возникновения аварии – 05.05.2001 г. в 15:00. Время остановки перекачки нефти – 5 минут. Время закрытия задвижек – 9 минут. Температура наружного воздуха равна 15° С, температура верхнего слоя земли 12° С, температура верхнего слоя воды 9° С. Грунт берега – примите самостоятельно. Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	46,4	10	128000	129,2
2	104000	49,8	11	129000	145,7
3	105000	36,6	12	130000	129,1
4	121000	27,2	13	131500	150,4
5	121800	4,6	14	134000	105,8
6	123500	152,5	15	136500	190,1
7	124000	130,0	16	140500	187,2
8	125000	123,1	17	147000	165,4
9	127000	156,3	18	152000	72,9

$C_{\phi} = 0,05 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;

$C_p = 8 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии; $m_p = 70 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м² площади реки после аварии; $m_{\phi} = 0,2 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м² площади реки до аварии; $m_{\text{пл.ост.}} = 0,4 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м² после ликвидации аварии;

$D_{\text{п}} = 0,01 \text{ м}$ - толщина слоя нефти на поверхности земли;

$D_{\text{в}} = 0,003 \text{ м}$ - толщина слоя нефти на водной поверхности;

$T_{\text{н.п.}} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$T_{\text{н.в.}} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности;

$q_{\text{н.в.}} = 290 \text{ г/м}^2$ - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м² поверхности нефти, разлившейся на воде;

$U_{\text{iv}} = 80 \text{ руб./т}$ - удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;

$K_{\text{т.н.}} = 4$ - класс токсичности нефти.

Регион – Ростовская область

Период восстановления земель – 13 лет.

Степень загрязнения – сильная .

Глубина пропитки почвы – 6 см.

Вариант 13

Подземный нефтепровод диаметром 820 мм с толщиной стенки 9,0 мм, длиной 152 км между двумя насосными станциями, глубина заложения 2 м. Нефтеперекачивающая станция находится на 152 км.

В результате несанкционированной врезки на 140 км нефтепровода образовалось отверстие диаметром 50 мм.

Вылившаяся нефть растеклась по местности с суглинистой почвой и впиталась в грунт, большая часть нефти была собрана в земляные амбары. Левая задвижка от места аварии находится на 134 км трассы, правая – 147 км.

Замерами установлено, что разлившаяся нефть загрязнила 1620 м² пашни при глубине пропитки $h_{cp}=0,5$ м, масса собранной с поверхности земли нефти в амбары составила 800 т. Регион примите самостоятельно.

$T_a=8$ ч 15 мин	– время врезке отвода;
$T_o=8$ ч 20 мин	– время останова насосов;
$T_z=8$ ч 32 мин	– время закрытия задвижек;
$h_T=2$ м	– глубина заложения нефтепровода;
$i_o=0,006$	– гидравлический уклон;
$t_n=-10^\circ\text{C}$	– температура верхнего слоя земли;
$t_{воз}=-15^\circ\text{C}$	– температура воздуха;
$F_a=5000$ м ²	– площадь земляного амбара;
$D_n=0,01$ м	– толщина слоя нефти на поверхности земли;
$T_{н.п.}=48$ ч	– продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;
$q_{н.п.}=556$ г/м ² разлившейся на земле;	– удельная величина выбросов углеводородов с 1 м ² поверхности нефти,
$q_{н.а.}=4620$ г/м ²	– удельная величина выбросов углеводородов с 1 м ² поверхности амбара;
$U_{iv}=80$ руб./т	– удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;
$K_{т.н.}=4$	– класс токсичности нефти.

Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	46,4	10	128000	129,2
2	104000	49,8	11	129000	145,7
3	105000	36,6	12	130000	129,1
4	121000	27,2	13	131500	150,4
5	121800	4,6	14	134000	105,8
6	123500	152,5	15	136500	190,1
7	124000	130,0	16	140500	187,2
8	125000	123,1	17	147000	165,4
9	127000	156,3	18	152000	72,9

Вариант 14

Подземный нефтепровод диаметром 1020 мм с толщиной стенки 11 мм, длиной 98 км между двумя насосными станциями, глубина заложения 2 м. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 63-73 км. Нефтеперекачивающая станция находится на 0 и 98 км.

Место аварии 72 км – подводный переход. Вдоль продольного шва в результате коррозии образовалась трещина (по нижней образующей трубы в 30 градусах от вертикальной оси) длиной 0,2 м с величиной максимального раскрытия кромок разрыва равной 0,01 м. Общая площадь загрязнения нефтью составила 1148 м². Из них 500 м² – загрязнение нефтью береговой зоны. Левая задвижка от места аварии находится на 62 км трассы, правая – 74 км. Время возникновения аварии – 10.06.2008 г. в 14:00. Время остановки перекачки нефти – 30 минут. Время закрытия задвижек – 30 минут. Температура наружного воздуха равна 24° С, температура верхнего слоя земли 22° С, температура верхнего слоя воды 19° С. Грунт берега – песок влажностью 60%.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	43,2	13	76000	126,6
2	44000	50,6	14	77000	153,8
3	54000	48,4	15	78000	127,5
4	55000	33,7	16	79000	140,1
5	60000	30,4	17	80000	127,7
6	65000	25,6	18	82000	149,5
7	70000	24,6	19	84000	107,0
8	71000	19,1	20	87000	79,0
9	72000	3,2	21	88000	105,6
10	73000	144,8	22	90000	166,8
11	74000	127,8	23	94000	122,0
12	75000	120,6	24	98000	73,7

$C_{\phi} = 0,05 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;

$C_p = 6 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии; $m_p = 70 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки после аварии; $m_{\phi} = 0,1 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки до аварии; $m_{\text{пл.ост.}} = 0,5 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 после ликвидации аварии;

$T_{\text{н.п.}} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$T_{\text{н.в.}} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности;

$q_{\text{н.в.}} = 403,5 \text{ г/м}^2$ - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на воде;

$U_{\text{iv}} = 80 \text{ руб./т}$ - удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;

$K_{\text{т.н.}} = 4$ - класс токсичности нефти.

Регион	Белгородская область
Период восстановления земель	3 года
Степень загрязнения	слабая
Глубина пропитки почвы	3 см

Вариант 15

Подземный нефтепровод диаметром 1020 мм с толщиной стенки 16,0 мм, длиной 152 км, глубина заложения 2 м. В результате аварии на 140 км произошел порыв на полное сечение. Нефтеперекачивающая станция находится на 152 км.

В результате аварии на 140 км нефтепровода произошел его разрыв на полное сечение. Площадь загрязнения пахотной земли составила 1620 м². Время возникновения аварии – 10.08.2008 в 14.20. Время остановки перекачки нефти – 10 минут. Время закрытия задвижек – 9 минут. Температура наружного воздуха ранее плюс 15° С, температура верхнего слоя земли плюс 10° С.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	46,4	10	128000	129,2
2	104000	49,8	11	129000	145,7
3	105000	36,6	12	130000	129,1
4	121000	27,2	13	131500	150,4
5	121800	4,6	14	134000	105,8
6	123500	152,5	15	136500	190,1
7	124000	130,0	16	140500	187,2
8	125000	123,1	17	147000	165,4
9	127000	156,3	18	152000	72,9

$T_a=14$ ч 20 мин - время повреждения нефтепровода;

$T_o=14$ ч 30 мин - время останова насосов; $T_z=14$ ч

39 мин - время закрытия задвижек; $l_{зadv1}=127$ км

- расстояние от НПС до задвижки 1; $l_{зadv2}=147$

км - расстояние от НПС до задвижки 2;

$Z_1=46,4$ - геодезическая отметка начала аварийного участка;

$Z_2=72,9$ - геодезическая отметка конца аварийного участка;

$h_{cp}=0,060$ - глубина пропитки грунта нефтью;

$m_{пл.ост.}=0,4$ г/м² - удельная масса пленочной нефти на 1 м² после ликвидации аварии;

$T_{н.п.}=46$ ч - продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли; $q_{н.п.}=658$ г/м² - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м² поверхности

нефти, разлившейся на земле;

$q_{н.а.}=4620$ г/м² - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м² поверхности амбара;

$U_{iv}=80$ руб./т - удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;

$K_{т.н.}=4$ - класс токсичности нефти.

Регион	Воронежская область
Период восстановления земель	4 года
Степень загрязнения	средняя

Вариант 16

Подземный нефтепровод диаметром 530 мм с толщиной стенки 11 мм, длиной 98 км между двумя насосными станциями, глубина заложения 2 м. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 84-88 км. Нефтеперекачивающая станция находится на 0 и 98 км.

Место аварии 87 км. Произошел гильотинный разрыв нефтепровода. Общая площадь загрязнения нефтью составила 40970 м². Из них 10000 м² – загрязнение нефтью водного объекта. Левая задвижка от места аварии находится на 82 км трассы, правая – 90 км.

Время возникновения аварии – 16.03.2008 г. в 9:00. Время остановки перекачки нефти – 5 минут. Время закрытия задвижек – 30 минут. Температура наружного воздуха равна 10° С, температура верхнего слоя земли 7° С, температура верхнего слоя воды 5° С. Грунт берега – примите самостоятельно.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода²

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	43,2	13	76000	126,6
2	44000	50,6	14	77000	153,8
3	54000	48,4	15	78000	127,5
4	55000	33,7	16	79000	140,1
5	60000	30,4	17	80000	127,7
6	65000	25,6	18	82000	149,5
7	70000	24,6	19	84000	107,0
8	71000	19,1	20	87000	79,0
9	72000	3,2	21	88000	105,6
10	73000	144,8	22	90000	166,8
11	74000	127,8	23	94000	122,0
12	75000	120,6	24	98000	73,7

$C_{\text{ф}}=0,04 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;

$C_{\text{р}}=5 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии; $m_{\text{р}}=70 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки после аварии; $m_{\text{ф}}=0,1 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки до аварии; $m_{\text{пл.ост.}}=0,5 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 после ликвидации аварии;

$T_{\text{н.п.}}=48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$T_{\text{н.в.}}=48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности;

$q_{\text{н.в.}}=203,5 \text{ г/м}^2$ - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на воде;

$U_{\text{iv}}=80 \text{ руб./т}$ - удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;

$K_{\text{т.н.}}=4$ - класс токсичности нефти.

Регион – Самарская область

Период восстановления земель – 4 года.

Степень загрязнения – средняя .

Глубина пропитки почвы – 5 см.

Вариант 17

Подземный нефтепровод диаметром 1220 мм с толщиной стенки 16,0 мм, длиной 152 км между двумя насосными станциями, глубина заложения 2 м. Давление в нефтепроводе 4,22 МПа. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 114-122 км. Нефтеперекачивающая станция находится на 152 км.

Место аварии – 130 км. Вдоль продольного шва по верхней образующей трубы в 16° от вертикальной оси в результате коррозии образовалась трещина длиной 0,20 м с величиной максимального раскрытия кромок разрыва равной 0,025 м. Общая площадь загрязнения нефтью составила 1300 м². Из них 800 м² – загрязнение нефтью береговой зоны. Левая задвижка от места аварии находится на 123,5 км трассы, правая – 140,5 км. Время возникновения аварии – 01.07.2008 г. в 12:00. Время остановки перекачки нефти – 30 минут. Время закрытия задвижек – 9 минут. Температура наружного воздуха равна 25° С, температура верхнего слоя земли 22° С, температура верхнего слоя воды 18° С. Грунт берега – гравий влажностью 60%.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода²

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	46,4	10	128000	129,2
2	104000	49,8	11	129000	145,7
3	105000	36,6	12	130000	129,1
4	121000	27,2	13	131500	150,4
5	121800	4,6	14	134000	105,8
6	123500	152,5	15	136500	190,1
7	124000	130,0	16	140500	187,2
8	125000	123,1	17	147000	165,4
9	127000	156,3	18	152000	72,9

$D_n = 0,01$ м - толщина слоя нефти на поверхности земли;

$T_{н.п.} = 48$ ч - продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$U_{iv} = 80$ руб./т - удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;

$K_{т.н.} = 4$ - класс токсичности нефти.

Регион – Красноярский край

Период восстановления земель – 3 года.

Степень загрязнения – слабая .

Глубина пропитки почвы – 3 см.

Вариант 18

На нефтепроводе диаметром и 1220 мм и толщиной стенки 14 мм на 35 км от насосной станции в конце апреля произошел разлив нефти. В трубе результате коррозии образовалось отверстие – 31 мм х 20 мм (овальной формы). Отверстие расположено по нижней образующей трубы в 15° от вертикальной оси. Подводный переход на 32 км. Тип грунта примите самостоятельно. Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	161,18	10	36	210,00
2	28	149,88	11	37	205,45
3	29	186,86	12	38	181,72
4	30	171,15	13	39	131,36
5	31	163,75			
6	32	123,64			
7	33	202,94			
8	34	192,94			
9	35	180,35	14	83	123,17

$T_a = 7 \text{ ч } 15 \text{ мин}$	- время повреждения нефтепровода;
$T_o = 7 \text{ ч } 30 \text{ мин}$	- время останова насосов;
$T_z = 8 \text{ ч } 10 \text{ мин}$	- время закрытия задвижек;
$l = 83 \text{ км}$	- протяженность аварийного участка нефтепровода между двумя насосными станциями;
$l_{\text{зав}1} = 28 \text{ км}$	- расстояние от НПС до задвижки 1;
$l_{\text{зав}2} = 38 \text{ км}$	- расстояние от НПС до задвижки 2;
$h_T = 1.5 \text{ м}$	- глубина заложения нефтепровода;
$t_{\text{г}} = 5^\circ\text{C}$	- температура верхнего слоя земли;
$t_{\text{в}} = 4^\circ\text{C}$	- температура воды;
$t_{\text{воз}} = 7^\circ\text{C}$	- температура воздуха;
$C_{\text{ф}} = 0,05 \text{ г/м}^3$	- концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;
$C_{\text{р}} = 8 \text{ г/м}^3$	- концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии;
$m_{\text{р}} = 70 \text{ г/м}^2$	- удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки после аварии;
$m_{\text{ф}} = 0,2 \text{ г/м}^2$	- удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки до аварии;

$m_{\text{пл.ост.}}=0,4 \text{ г/м}^2$	- удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 после ликвидации аварии;
$F_{\text{н}}=60000 \text{ м}^2$	- площадь поверхности реки, покрытая разлитой нефтью;
$F_{\text{т.в.}}=42000 \text{ м}^2$	- площадь загрязненных талых вод;
$F_{\text{а}}=2000 \text{ м}^2$	- площадь земельного амбара;
$D_{\text{п}}=0,01 \text{ м}$	- толщина слоя нефти на поверхности земли;
$D_{\text{в}}=0,003 \text{ м}$	- толщина слоя нефти на водной поверхности;
$q_{\text{н.а.}}=4620 \text{ г/м}^2$	- удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности амбара;
$q_{\text{н.в.}}=256 \text{ г/м}^2$	- удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на воде;
$q_{\text{н.т.в.}}=141 \text{ г/м}^2$	- удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности талых вод;
$U_{\text{iv}}=80 \text{ руб./т}$	- удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;
$K_{\text{т.н.}}=4$	- класс токсичности нефти.
Регион	Томская область
Период восстановления земель	5 лет
Степень загрязнения	средняя
Глубина пропитки почвы	5 см

Вариант 19

В результате несанкционированной врезки на 61 км нефтепровода образовалось отверстие диаметром 30 мм. Оно расположено по нижней образующей трубы в 50° от вертикальной оси. Задвижки расположены на 53 и 70 км.

Вылившаяся нефть растеклась по местности с суглинистой почвой и впиталась в грунт, большая часть нефти была собрана в земляные амбары.

Замерами установлено, что разлившаяся нефть загрязнила 21000 м^2 пашни при глубине пропитки $h_{\text{ср}}=0,5 \text{ м}$, масса собранной с поверхности земли нефти в амбары составила 800 т.

$T_{\text{а}}=8 \text{ ч } 15 \text{ мин}$	- время врезки отвода;
--	------------------------

$T_0=8$ ч 20 мин	– время останова насосов;
$T_3=8$ ч 32 мин	– время закрытия задвижек;
$h_T=2$ м	– глубина заложения нефтепровода;
$t_{п}=5^{\circ}\text{C}$	– температура верхнего слоя земли;
$t_{\text{воз}}=7^{\circ}\text{C}$	– температура воздуха;
$F_a=5000$ м ²	– площадь земельного амбара;
$D_{п}=0,01$ м	– толщина слоя нефти на поверхности земли;
$T_{н.п.}=48$ ч	– продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;
$q_{н.п.}=556$ г/м ² разлившейся на земле;	– удельная величина выбросов углеводородов с 1 м ² поверхности нефти,
$q_{н.а.}=4620$ г/м ²	– удельная величина выбросов углеводородов с 1 м ² поверхности амбара;
$U_{iv}=80$ руб./т	– удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;
$K_{т.н.}=4$	– класс токсичности нефти.
Регион	Нижегородская область
Период восстановления земель	6-7 лет
Степень загрязнения	средняя
Глубина пропитки почвы	6 см

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	161,18	10	56	210,00
2	48	149,88	11	57	205,45
3	49	186,86	12	58	181,72
4	50	171,15	13	59	171,36
5	51	163,75	14	60	179,25
6	52	123,64	15	61	191,40
7	53	202,94	16	62	158,16
8	54	192,94	17	63	163,20
9	55	180,35	18	70	154,54
			19	100	160,00

Вариант 20

Подземный нефтепровод диаметром 1220 мм с толщиной стенки 12,0 мм, длиной 152 км между двумя насосными станциями, глубина заложения 2 м. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 134,5-142,5 км. Нефтеперекачивающая станция находится на 152 км.

На 139 км нефтепровода (в пойме реки) в результате коррозии образовалось отверстие диаметром 50 мм. Оно расположено по верхней образующей трубы в 21° от вертикальной оси. Общая площадь загрязнения нефтью составила 142800 м². Из них 800 м² – площадь нефтенасыщенного грунта. Левая задвижка от места аварии находится на 134 км трассы, правая – 143 км. Время возникновения аварии – 20.04.2008 г. в 14:00. Время остановки перекачки нефти – 30 минут. Время закрытия задвижек – 9 минут. Температура наружного воздуха равна 20° С, температура верхнего слоя земли 10° С, температура верхнего слоя воды 0° С. Грунт берега – гравий влажностью 60%.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	4,4	13	131500	190,1
2	104000	49,8	14	134000	100
3	105000	36,6	15	136500	56
4	121000	27,2	16	140000	10
5	121800	4,6	17	141000	12,12
6	123500	152,5	18	142000	27,2
7	124000	130,0	19	143000	80,00
8	125000	123,1	20	146000	120,10
9	127000	156,3	21	147000	178,20
10	128000	129,2	22	148000	189,50
11	129000	145,7	23	149000	180,00
12	130000	129,1	24	152000	190,00

$C_{\phi} = 0,05 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;

$C_p = 8 \text{ г/м}^3$ - концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии; $m_p = 70 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м² площади реки после аварии; $m_{\phi} = 0,2 \text{ г/м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м² площади реки до аварии; $m_{\text{пл.ост.}} = 0,4 \text{ г/ м}^2$ - удельная масса пленочной нефти на 1 м² после ликвидации аварии;

$F_n = 80000 \text{ м}^2$ - площадь поверхности реки, покрытая разлитой нефтью;

$D_n = 0,012 \text{ м}$ - толщина слоя нефти на поверхности земли;

$D_v = 0,003 \text{ м}$ - толщина слоя нефти на водной поверхности;

$T_{\text{н.п.}} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$T_{\text{н.в.}} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности;

$q_{\text{н.в.}} = 150 \text{ г/м}^2$ - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м² поверхности нефти, разлившейся на воде;

$U_{\text{iv}} = 80 \text{ руб./т}$ - удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;

$K_{\text{т.н.}} = 4$ - класс токсичности нефти.

Регион – Кемеровская область

Период восстановления земель – 11 лет.

Степень загрязнения – сильная .

Глубина пропитки почвы – 7 см.

Вариант 21

Подземный нефтепровод диаметром 1220 мм с толщиной стенкой 16 мм, длиной 152 км, глубина заложения 2 м. Давление в нефтепроводе 4,2 МПа. Нефтеперекачивающая станция находится на 152 км.

В результате несанкционированной врезки на 136 км нефтепровода образовалось отверстие диаметром 50 мм. Оно расположено по нижней образующей трубы в 30° от вертикальной оси.

Левая задвижка от места аварии находится на 124 км трассы, правая – 148 км.

Время возникновения аварии – 10.01.2008 в 14:00. Время остановки перекачки нефти – 30 минут. Время закрытия задвижек – 9 минут.

Температура наружного воздуха равна минус 15°С, температура верхнего слоя земли минус 10°С.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода²

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	46,4	10	128000	129,2
2	104000	49,8	11	129000	145,7
3	105000	36,6	12	130000	129,1
4	121000	27,2	13	131500	150,4
5	121800	4,6	14	134000	105,8
6	123500	152,5	15	136500	223,4
7	124000	130,0	16	140500	187,2
8	125000	123,1	17	147000	195,4
9	127000	156,3	18	152000	72,9

$Z_M = 187,2$ - геодезическая отметка места

повреждения; $F_{гр} = 1620 \text{ м}^2$ - площадь

нефтенасыщенного грунта; $t_n = -10^\circ\text{C}$ - температура

верхнего слоя земли;

$t_{воз} = -15^\circ\text{C}$ - температура воздуха;

$D_n = 0,01 \text{ м}$ - толщина слоя нефти на поверхности земли;

$T_{н.п.} = 48 \text{ ч}$ - продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли; q

$_{н.а.} = 4620 \text{ г/м}^2$ - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности амбара;

$q_{н.т.в.} = 141 \text{ г/м}^2$ - удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности талых вод;

$U_{iv} = 80 \text{ руб./т}$ - удельные затраты за размещение токсичных отходов IV класса;

$K_{т.н.} = 4$ - класс токсичности нефти.

Регион – Брянская область

Период восстановления земель – 4 года.

Степень загрязнения – средняя

Глубина пропитки почвы – 5 см.

Вариант 22

Участок подземного нефтепровода между нефтеперекачивающими станциями длиной 98 км, диаметром 1020 мм с толщиной стенки 14 мм. Глубина заложения 2 м.

Нефтеперекачивающие станции находятся на 0 и 98 км участка нефтепровода.

Место аварии – 78 км. Вдоль продольного шва по верхней образующей трубы в 27° от вертикальной оси в результате коррозии образовалась трещина длиной 0,20 м с величиной максимального раскрытия кромок разрыва равной 0,025 м. Общая площадь загрязнения нефтью составила 40970 м².

Левая задвижка от места аварии находится на 70 км трассы, правая – 94 км.

Время возникновения аварии – 16.03.2008 г. в 09-00. Время остановки перекачки нефти – 5 минут. Время закрытия задвижек – 30 минут.

Температура наружного воздуха равна 10° С, температура верхнего слоя земли 7° С, температура верхнего слоя воды 5° С. Грунт – супесь и суглинок при влажности 20%.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода³

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	43,2	13	76000	126,6
2	44000	50,6	14	77000	153,8
3	54000	48,4	15	78000	127,5
4	55000	33,7	16	79000	140,1
5	60000	30,4	17	80000	127,7
6	65000	25,6	18	82000	149,5
7	70000	24,6	19	84000	107,0
8	71000	19,1	20	87000	79,0
9	72000	3,2	21	88000	105,6
10	73000	144,8	22	90000	166,8
11	74000	127,8	23	94000	122,0
12	75000	120,6	24	98000	73,7

$D_{п}=0,01$ м – толщина слоя нефти на поверхности земли;

$T_{н.п.}=48$ ч – продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$q_{н.а.}=4620$ г/м² – удельная величина выбросов углеводородов с 1 м² поверхности амбара;

Регион	Мурманская область
Период восстановления земель	22 года
Степень загрязнения	сильная
Глубина пропитки почвы	10 см

Вариант 23

Участок подземного нефтепровода между нефтеперекачивающими станциями длиной 152 км, диаметром 1220 мм с толщиной стенки 16 мм. Глубина заложения 2 м. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 68,5 69,5 км.

Нефтеперекачивающие станции находятся на 0 и 152 км участка нефтепровода.

Место аварии 81 км. Образовалась трещина в результате коррозии вдоль продольного шва нефтепровода. Её размеры – длина 0,13 м, максимальное раскрытие кромок разрыва 0,018м. Расположение – по нижней образующей в 46 градусов от вертикальной оси. Общая площадь загрязнения нефтью составила 1752 м². Из них 800 м² – загрязнение береговой зоны.

Левая задвижка от места аварии находится на 71 км трассы, правая – 87 км.

Время возникновения аварии – 01.07.2012 г. в 12-00. Время остановки перекачки нефти – 30 минут. Время закрытия задвижек – 15 минут.

Температура наружного воздуха равна 25° С, температура верхнего слоя земли 22° С, температура верхнего слоя воды 18° С. Грунт – примите самостоятельно.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	210		79000	179,9
2	69000	149,88		80000	185,20
3	70000	110,12		81000	219,17
4	71000	171,15		82000	210,02
5	72000	163,75		83000	208,63
6	73000	186,86		84000	199,99
7	74000	185		85000	180,00
8	75000	182		86000	142,1
9	76000	180		87000	135,60
10	77000	179			...
11	78000	176	n	152000	130

$D_{п}=0,01$ м – толщина слоя нефти на поверхности земли;

$T_{н.п.}=48$ ч – продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

Регион – Амурская область

Период восстановления земель – 22 года.

Степень загрязнения – сильная .

Глубина пропитки почвы – 15 см.

Вариант 24

Участок подземного нефтепровода между нефтеперекачивающими станциями длиной 152 км, диаметром 1220 мм с толщиной стенки 16 мм. Глубина заложения 2 м. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 68,5 69,5 км.

Нефтеперекачивающие станции находятся на 0 и 152 км участка нефтепровода.

Место аварии 78 км. Образовалась трещина в результате коррозии вдоль продольного шва нефтепровода. Её размеры – длина 0,13 м, максимальное раскрытие кромок разрыва 0,011м. Расположение – по нижней образующей в 56 градусов от вертикальной оси. Общая площадь загрязнения нефтью составила 1752 м². Из них 800 м² – загрязнение береговой зоны.

Левая задвижка от места аварии находится на 71 км трассы, правая – 87 км.

Время возникновения аварии – 01.07.2012 г. в 12-00. Время остановки перекачки нефти – 30 минут. Время закрытия задвижек – 15 минут.

Температура наружного воздуха равна 25° С, температура верхнего слоя земли 22° С, температура верхнего слоя воды 18° С. Грунт – примите самостоятельно.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	210		79000	179,9
2	69000	149,88		80000	185,20
3	70000	110,12		81000	219,17
4	71000	171,15		82000	210,02
5	72000	163,75		83000	208,63
6	73000	186,86		84000	199,99
7	74000	185		85000	180,00
8	75000	182		86000	142,1
9	76000	180		87000	135,60
10	77000	179			...
11	78000	176	n	152000	130

$D_n=0,01$ м – толщина слоя нефти на поверхности земли;

$T_{н.п.}=48$ ч – продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

Регион – Хабаровский край

Период восстановления земель – 15 лет.

Степень загрязнения – сильная .

Глубина пропитки почвы – 11 см.

Вариант 25

Участок подземного нефтепровода между нефтеперекачивающими станциями длиной 152 км, диаметром 1220 мм с толщиной стенки 16 мм. Глубина заложения 2 м. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 66 км.

Нефтеперекачивающие станции находятся на 0 и 152 км участка нефтепровода.

Место аварии - река. Образовалась трещина в результате коррозии вдоль продольного шва нефтепровода. Её размеры – длина 0,27 м, максимальное раскрытие кромок разрыва 0,016 м. Расположение – по верхней образующей в 21 градусов от вертикальной оси. Общая площадь загрязнения нефтью составила 1752 м². Из них 800 м² – загрязнение береговой зоны.

Левая задвижка от места аварии находится на 64 км трассы, правая – 68 км.

Время возникновения аварии – 01.07.2012 г. в 12-00. Время остановки перекачки нефти – 30 минут. Время закрытия задвижек – 15 минут.

Температура наружного воздуха равна 25° С, температура верхнего слоя земли 22° С, температура верхнего слоя воды 18° С. Грунт – примите самостоятельно.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	210	13	73000	186,86
2	62000	179,90	14	74000	185
3	63000	152,50	15	75000	182
4	64000	159,70	16	76000	180
5	65000	139,70	17	77000	179
6	66000	131,00	18	78000	176
7	67000	148,61		...	...
8	68000	157,20		...	...
9	69000	149,88		...	...
10	70000	110,12		....	....
11	71000	171,15		...	...
12	72000	163,75	n	152000	130

$C_{\phi}=0,2 \text{ г/м}^3$ – концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;
 $C_{\rho}=8 \text{ г/м}^3$ – концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии; $m_{\rho}=70 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м² площади реки после аварии; $m_{\phi}=0 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м² площади реки до аварии; $m_{\text{пл.ост.}}=0,2 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м² после ликвидации аварии;
 $D_{\text{п}}=0,01 \text{ м}$ – толщина слоя нефти на поверхности земли;
 $D_{\text{в}}=0,003 \text{ м}$ – толщина слоя нефти на водной поверхности;
 $T_{\text{н.п.}}=48 \text{ ч}$ – продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;
 $T_{\text{н.в.}}=48 \text{ ч}$ – продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности;
 $q_{\text{н.в.}}=387 \text{ г/м}^2$ – удельная величина выбросов углеводородов с 1 м² поверхности нефти, разлившейся на воде;

Регион – Сахалинская область

Период восстановления земель – 32 года.

Степень загрязнения – сильная .

Глубина пропитки почвы – 12 см.

Вариант 26

Участок подземного нефтепровода между нефтеперекачивающими станциями длиной 152 км, диаметром 1220 мм с толщиной стенки 16 мм. Глубина заложения 2 м. Нефтепровод имеет подводный переход через судоходную реку на 93 км.

Нефтеперекачивающие станции находятся на 0 и 152 км участка нефтепровода.

Место аварии - река. Образовалась трещина в результате коррозии вдоль продольного шва нефтепровода. Её размеры – длина 0,24 м, максимальное раскрытие кромок разрыва 0,019 м. Расположение – по верхней образующей в 17 градусов от вертикальной оси. Общая площадь загрязнения нефтью составила 1752 м². Из них 800 м² – загрязнение береговой зоны.

Левая задвижка от места аварии находится на 90 км трассы, правая – 97 км.

Время возникновения аварии – 01.07.2012 г. в 12-00. Время остановки перекачки нефти – 30 минут. Время закрытия задвижек – 15 минут.

Температура наружного воздуха равна 25° С, температура верхнего слоя земли 22° С, температура верхнего слоя воды 18° С. Грунт – примите самостоятельно.

Таблица – Точки перелома профиля нефтепровода

№ п/п	X, м	Z, м	№ п/п	X, м	Z, м
1	0	210	13	94000	156,16
2	83000	208,63	14	95000	159,81
3	84000	199,99	15	96000	150,00
4	85000	180,00	16	97000	170,60
5	86000	142,40	17	98000	160,00
6	87000	135,60	18	99000	152,44
7	88000	130,00	19	100000	168,33
8	89000	139,85	20	101000	162,26
9	90000	165,60	21	102000	150,00
10	91000	164,20	22	103000	143,40
11	92000	151,42			...
12	93000	143,78	n	152000	130

$C_{\phi}=0,2 \text{ г/м}^3$ – концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м до аварии;

$C_p=8 \text{ г/м}^3$ – концентрация растворенной и эмульгированной нефти в воде на глубине 0,3 м после аварии; $m_p=70 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки после аварии; $m_{\phi}=0 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 площади реки до аварии; $m_{\text{пл.ост.}}=0,2 \text{ г/м}^2$ – удельная масса пленочной нефти на 1 м^2 после ликвидации аварии;

$D_{\text{п}}=0,01 \text{ м}$ – толщина слоя нефти на поверхности земли;

$D_{\text{в}}=0,003 \text{ м}$ – толщина слоя нефти на водной поверхности;

$T_{\text{н.п.}}=48 \text{ ч}$ – продолжительность испарения свободной нефти с поверхности земли;

$T_{\text{н.в.}}=48 \text{ ч}$ – продолжительность испарения свободной нефти с водной поверхности;

$Q_{\text{н.в.}}=387 \text{ г/м}^2$ – удельная величина выбросов углеводородов с 1 м^2 поверхности нефти, разлившейся на воде;

Регион – Иркутская область
Период восстановления земель – 24 года.

Степень загрязнения – сильная .

Глубина пропитки почвы – 10 см.

Учебное издание

КУРСОВАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ ПРИ ТРУБОПРОВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

Методические указания к выполнению курсовой работы
по дисциплине «Ликвидация аварийных разливов нефти» для студентов,
обучающихся по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Составитель **Н.А. Антропова**

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 28.04.2017. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать XEROX. Усл.печ.л. 1,63 . Уч.-изд.л. 1,47 .

Заказ . Тир 100 экз.

Национальный исследовательский Томский политехнический универси-


тет

Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета

сертифицирована в соответствии с требованиями ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru