

**ИНСТРУКЦИЯ  
ПО КОНТРОЛЮ ТОЛЩИН СТЕНОК  
ОТВОДОВ НАДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ,  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБВЯЗКИ КС, ДКС, ГРС  
И ГРЕБЕНОК ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

---

**МОСКВА 1998**

"Инструкция по контролю толщин стенок отводов надземных газопроводов, технологической обвязки КС, ДКС, ГРС и гребенок подводных переходов магистральных газопроводов" предназначена для применения предприятиями и проектными институтами газовой промышленности, в том числе организациями, осуществляющими диагностический контроль. При ее подготовке был учтен опыт работы предприятий с аналогичной "Инструкцией...", выпущенной в 1987 году.

Настоящая "Инструкция..." включает как руководство по непосредственному контролю за толщиной стенок в процессе эксплуатации, так и методику оценки работоспособности отводов с утонением стенки. Регистрация измеренных значений толщин стенок, их анализ и выдача рекомендаций по режимам эксплуатации, ремонту и контролю ориентирована на применение персонального компьютера.

"Инструкция..." разработана в НТЦ ВНИИГАЗа "Ресурс газопроводов" д.т.н. Харионовским В.В., к.т.н. Кургановой И.Н., к.т.н. Ремизовым Д.И., к.т.н. Бородиным Ю.П., к.т.н. Ботовым В.М., инж. Бакуленко М.Н., инж. Семиным Н.В., инж. Прасоловой Е.М.

Утверждена Заместителем Председателя Правления ОАО "Газпром" В.В. Ремизовым 13 июля 1998 года.

Согласована с Федеральным горным и промышленным надзором России 29 июня 1998 года № 10-03/335 от, Управлением науки, новой техники и экологии. Управлением по транспортировке газа и газового конденсата, Управлением газового надзора ОАО "Газпром".

**СОДЕРЖАНИЕ**

[Введение.](#)

[1 Контроль толщин стенок](#)

[1.1. Требования к квалификации оператора.](#)

[1.2. Проведение контроля толщин стенок.](#)

[2 Оценка работоспособности отводов с эрозийным утонением стенки.](#)

[2.1. Механические характеристики материала отводов.](#)

[2.2. Определение расчетных толщин стенок отводов.](#)

[2.3. Расчет допустимой толщины стенки на выпуклой стороне отводов.](#)

[2.4. Оценка работоспособности отводов с эрозийным утонением стенки.](#)

[Заключение.](#)

[Литература.](#)

[Приложение 1.](#)

[Приложение 2.](#)

[Приложение 3.](#)

ОАО "Газпром"	Инструкция по контролю толщин стенок отводов надземных газопроводов, технологической обвязки КС, ДКС, ГРС и гребенок подводных переходов магистральных газопроводов	Взамен "Инструкции ..." 1987 г.
------------------	---	---------------------------------------

## ВВЕДЕНИЕ

Эрозионный износ стенок труб на криволинейных участках, вызванный высокими скоростями твердых частиц, переносимых газом, является одним из факторов, снижающих остаточный ресурс отводов. Процесс изнашивания внутренней поверхности отводов в большей степени проявляется на их выпуклой стороне (рис. 1). Опыт применения "Инструкции по контролю толщин стенок надземных газопроводов, технологической обвязки КС, ДКС, ГРС и гребенок подводных переходов магистральных газопроводов" (ВНИИГАЗ, 1987 г.) /1/ показывает, что скорость износа составляет до 0,3 мм в год.

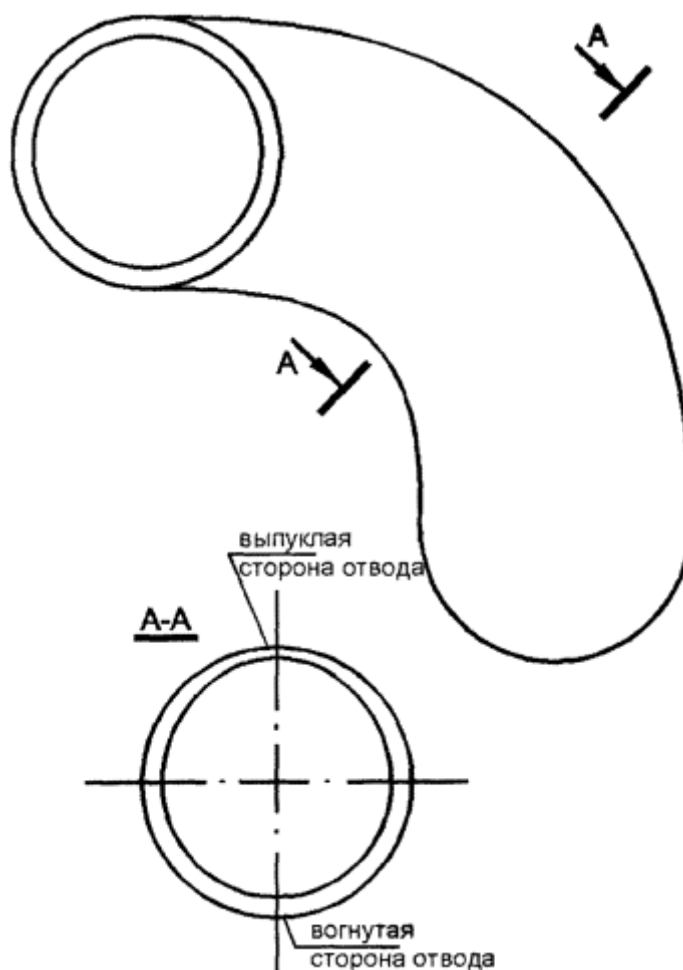


Рис. 1. Отвод с эрозионным утонением стенки на выпуклой стороне

Оценка работоспособности отводов, имеющих утонение стенки, связана с оценкой их прочности. С этой целью во ВНИИГАЗе разработана программа расчета напряженно-деформированного состояния криволинейных трубопроводов с переменной толщиной стенки. Проведенные расчеты показали, что уменьшение толщины стенки на выпуклой стороне отвода при сохранении проектного положения обвязки не приводит к существенному увеличению изгибных кольцевых и продольных напряжений. Напряжениями, определяющими прочность, остаются безмоментные кольцевые напряжения от действия внутреннего давления.

Для отводов вследствие их кривизны характерно неравномерное распределение кольцевых напряжений по сечению. Максимальные напряжения имеют место на вогнутой стороне отвода, минимальные - на выпуклой. Уменьшение толщины стенки (до определенного предела) на выпуклой стороне не приводит к потере общей прочности отвода, а, следовательно, и работоспособности. Таким образом, имеется некоторый запас по толщине стенки выпуклой стороны отвода, определяемый характером напряженного состояния. Кроме того, запас по толщине стенки может быть обусловлен превышением фактической толщины стенки значения толщины стенки, рассчитанного по СНиП /2/. Эти обстоятельства нашли свое отражение в критериях оценки работоспособности отводов настоящей редакции "Инструкции...". Их учет позволит сократить объем ремонтных работ на технологических объектах, имеющих отводы с эрозионным износом, при сохранении необходимого уровня прочности.

## 1 КОНТРОЛЬ ТОЛЩИН СТЕНОК

### 1.1. Требования к квалификации оператора

К контролю толщины стенок отводов допускаются дефектоскописты I уровня квалификации и выше, аттестованные в соответствии с программой Национального Аттестационного Комитета Российской Федерации по ультразвуковым методам контроля и имеющие допуск Госгортехнадзора к проведению работ на объектах трубопроводного транспорта.

### 1.2. Проведение контроля толщин стенок

Контролю подлежат:

На компрессорных станциях - отводы технологической обвязки нагнетателей ГПА ("высокой стороны"), пылеуловителей и АВО газа, входного и выходного шлейфов.

На газораспределительных станциях - отводы на площадках ГРС.

На подводных переходах - гребенки и компенсаторы.

Контроль за уменьшением толщины стенок на отводах должен производиться регулярно с периодичностью, определяемой скоростью износа стенки, но не реже одного раза в год.

Периодичность контроля может быть обоснована предприятием, исходя из специфики технологии и фактических данных по интенсивности износа стенки конкретного отвода.

Для проведения измерений толщины стенки необходимо выбрать участок на выпуклой стороне отвода, для чего находится опорная точка в месте пересечения стенки отвода с линией, образованной пересечением горизонтальной и вертикальной плоскостей, проходящих через ось трубопровода (рис. 2). Контролируемый участок на отводе представляет собой круг с радиусом 20 мм и центром в опорной точке. Определение зоны максимального износа стенки производится путем сравнения результатов измерений в опорной точке и четырех точках, расположенных попарно слева - справа и сверху - снизу относительно опорной точки на расстоянии 20 мм.

В каждой точке следует регистрировать показания толщины стенок не менее трех раз и полученные абсолютные значения вносить в "Акт об измерениях толщины стенок отводов":

#### "Акт об измерениях толщины стенок отводов"

Условное обозначение отвода	№ точки	Отсчет № 1	Отсчет № 2	Отсчет № 3

Контроль проводил:

Дефектоскопист по УЗК \_\_\_\_\_ /Ф.И.О./  
Сертификат № \_\_\_\_\_  
Выдан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 19\_\_ года  
Дата контроля "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 19\_\_ года.  
Тип толщиномера \_\_\_\_\_

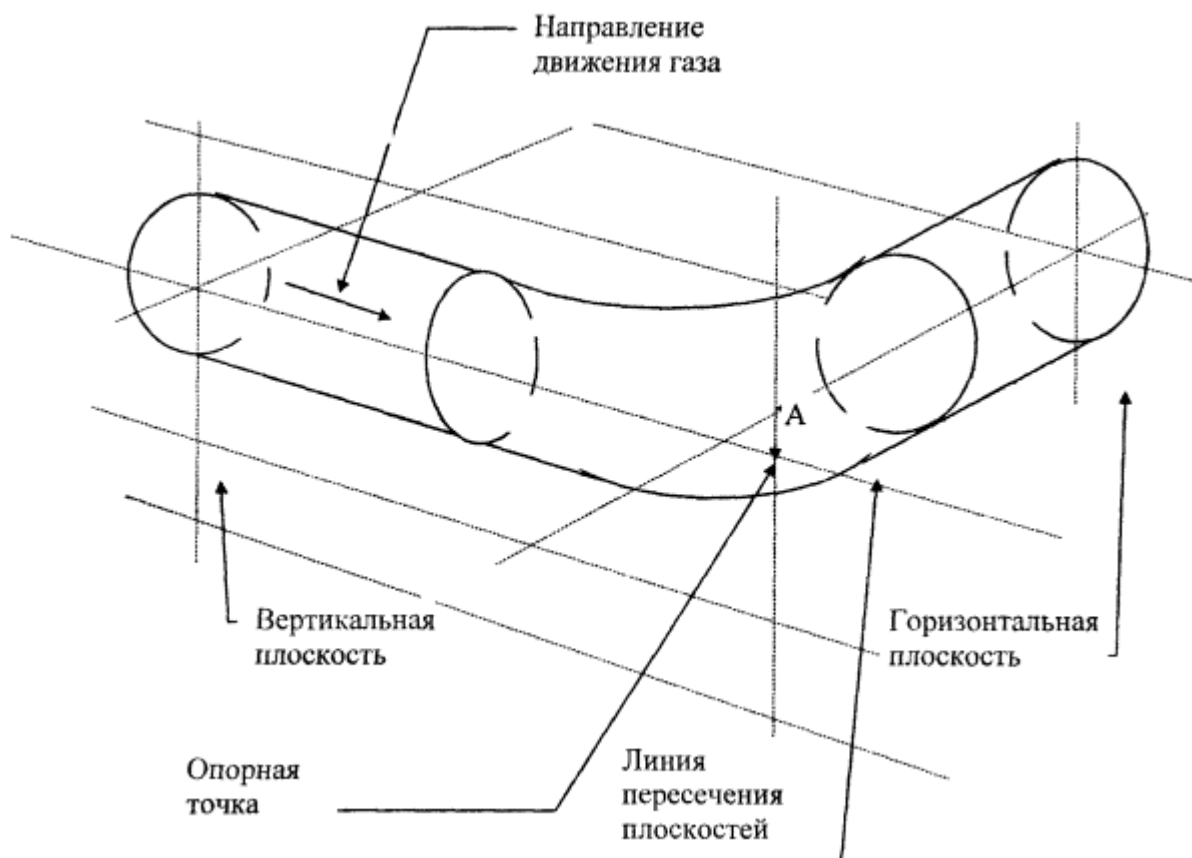


Рис. 2. Участок контроля на трубопроводе

Для подготовки поверхности объекта к проведению измерений необходимо очистить от грязи участок контроля размерами 50 × 50 мм и зачистить его до металлического блеска. Шероховатость поверхности должна быть не более  $R_z40$ .

В тех случаях, когда трубопровод снабжен теплоизоляцией и защитным кожухом, необходимо изготовить быстросъемные заглушки, представляющие собой фрагмент теплоизоляции и обшивки кожуха, предназначенные для предохранения от попадания на контролируемую поверхность стенки отвода влаги и грязи. На поверхность контролируемого изделия наносится слой контактной смазки, которая входит в комплект поставки толщиномера, или смазка типа ЦИАТИМ.

Для определения толщины стенок отводов как при наличии, так и при отсутствии металлургических дефектов типа расслоений и ликвационных зон следует использовать импульсные ультразвуковые толщиномеры со специальным дисплеем, на котором регистрируются импульсы, отраженные не только от противоположной стенки, но и от всех дефектов, расположенных на пути зондирующего импульса.

Можно рекомендовать толщиномеры типа DMS (фирма Крауткремер, ФРГ), 26DL Plus и 36DL Plus (фирма Панаметрикс, США), технические характеристики которых приведены в [Приложении 1](#).

Настройка толщиномера перед измерениями должна осуществляться в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

При измерении толщины стенок на реальном трубопроводе необходимо иметь в

виду, что точность измерений зависит от следующих факторов:

- а) поверхности стенок трубопровода могут быть непараллельны;
- б) шероховатость внешней и внутренней поверхностей может быть различной;
- в) металл может иметь структурную неоднородность, несплошности, другие металлургические дефекты;
- г) кривизны поверхности выпуклой стороны отвода;
- д) правильности калибровки толщиномера перед измерениями.

Точность измерений также зависит от качества акустического контакта, определяемого равномерностью усилия прижатия датчика.

Для обеспечения стабильного акустического контакта необходимо, установив датчик на поверхности трубопровода, повернуть его влево - вправо на 10-15 градусов до вытеснения излишней смазки из-под датчика.

Для реализации точности прибора, гарантируемой заводом изготовителем, геометрия контролируемого объекта и состояние поверхности в зоне контроля должно соответствовать требованиям, изложенным в технической документации, прилагаемой к толщиномеру.

Калибровка толщиномера должна осуществляться по образцам, выполненным из того же материала, что и контролируемый объект. Толщина образца должна быть измерена с точностью, на порядок превосходящей точность измерения стенки отвода. В тех случаях, когда отсутствует такой образец, можно воспользоваться ступенчатым эталоном, входящим в комплект толщиномера.

Из опыта по измерению толщины стенок трубопроводов известно, что структурная неоднородность металла трубопровода и соответствующий разброс скорости распространения ультразвуковых колебаний приводит к тому, что точность измерений находится, в среднем, в пределах 1 - 2 % от измеряемой величины. Поэтому для практических целей достаточно иметь толщиномер с ценой деления 0,1 мм, а разброс показаний компенсировать путем усреднения нескольких (не менее трех) измерений.

Наличие скрытых металлургических дефектов, например расслоений, располагающихся как правило в средней части стенки трубопровода, может исказить результаты измерений. Характерным признаком подобных дефектов является скачкообразное изменение показаний толщиномера при перемещении датчика по поверхности отвода.

Используя дисплей для просмотра формы сигнала (толщиномер 26DL+, 36DL+) можно обнаружить импульсы, отраженные от противоположной стенки и от дефекта. Уточнить форму дефекта и его тип можно с помощью наклонных датчиков.

## **2 ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОТВОДОВ С ЭРОЗИОННЫМ УТОНЕНИЕМ СТЕНКИ**

### **2.1. Механические характеристики материала отводов**

Для отводов применяются трубы стальные бесшовные, электросварные прямошовные из спокойных или полуспокойных углеродистых и низколегированных марок стали, из малоперлитных микролегированных сталей регулируемой прокатки.

Согласно СНиП /2/ отводы должны изготавливаться из труб или листовой стали в соответствии с государственными, отраслевыми стандартами или техническими условиями, утвержденными в установленном порядке. Для коллекторов обвязочных трубопроводов КС, ДКС и ГРС должны применяться отводы гнутые гладкие, изготовленные из труб путем протяжки в горячем состоянии, гнутые при индукционном нагреве, штампосварные из двух половин, отводы сварные секторные. Длина секторов сварных отводов по внутренней образующей должна быть не менее 0,150 D.

Основными марками стали для труб и отводов обвязочных трубопроводов являются ВМСт30; 20; 10; 17Г1С, 15ХСНД, хладостойкая сталь 09Г2С - при обустройстве

объектов в условиях Крайнего Севера, малоперлитные микролегированные стали регулируемой прокатки со 100 % контролем неразрушающими методами.

Механические характеристики материалов для отводов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели	Марка стали				
	ВМСт30	20÷10	15ХСНД	17Г1С 09Г2С	Малоперлитная регулируемой прокатки
Временное сопротивление разрыву, $\sigma_B$ (МПа)	372,8	412,0	490,5	510,1	529,7 588,6
Предел текучести, $\sigma_{0,2}$ (МПа)	225,6	245,2	343,3	343,3	392,4 460,8

Марка стали отвода определяется из паспортных данных. Если эти сведения отсутствуют, то для определения  $\sigma_B$  необходимо использовать специальные приборы.

## 2.2. Определение расчетных толщин стенок отводов

Согласно [СНиП 2.05.06-85\\*](#) расчетную толщину стенки отвода при воздействии внутреннего давления следует определять по формуле:

$$\delta_p = \frac{pD}{2(R_1 + p)} \eta_B, \quad (1)$$

где:  $n$  - коэффициент надежности по нагрузке (внутреннее давление для газопроводов), принимаемый по таблице 13 [СНиП 2.05.06-85\\*](#);

$p$  - рабочее давление, МПа;

$D_n$  - наружный диаметр отвода, мм;

$\eta_B$  - коэффициент несущей способности отвода, принимаемый по таблице 18 [СНиП 2.05.06-85\\*](#) (таблица 2 инструкции);

Таблица 2

Отношение среднего радиуса изгиба отвода к его наружному диаметру	1,0	1,5	2,0
Коэффициент несущей способности детали $\eta_B$	1,30	1,15	1,00

$R_1$  - расчетное сопротивление материала детали следует определять по формуле:

$$R_1 = \frac{R_1^H \cdot m}{k_1 \cdot k_n}, \text{ МПа}; \quad (2)$$

$R_1^H$  - нормативное сопротивление растяжению (МПа), принимаемое равным минимальному значению временного сопротивления материала отвода ( $\sigma_B$ ) по государственным стандартам и техническим условиям на трубы, листовую сталь;

$m$  - коэффициент условий работы трубопровода, принимаемый в соответствии с таблицей 1 [СНиП 2.05.06-85\\*](#) в зависимости от категории трубопровода и его участка;

$k_1$  - коэффициент надежности по материалу, принимаемый по таблице 9 [СНиП 2.05.06-85\\*](#);

$k_n$  - коэффициент надежности по назначению трубопровода, принимаемый по таблице 11 [СНиП 2.05.06-85\\*](#).

Полученное расчетное значение толщины стенки в *миллиметрах* округляется в большую сторону с точностью до одного знака после запятой.

### 2.3. Расчет допустимой толщины стенки на выпуклой стороне отводов

В качестве допустимой толщины стенки на выпуклой стороне отвода следует принимать минимальную из двух величин:

$$[\delta] = \begin{cases} \frac{prD_n}{2(R_q + pr)} \chi, \\ \delta_n - \Delta\delta, \end{cases} \quad (3)$$

где:  $n$  - обозначение то же, что и в формуле (1);

$p$  - обозначение то же, что и в формуле (1);

$D_n$  - обозначение то же, что и в формуле (1);

$\chi$  - коэффициент несущей способности для выпуклой стороны отвода, принимаемый в соответствии с [табл. 3](#);

$\delta_n$  - номинальная толщина стенки отвода;

$\Delta\delta$  - установленное нормативными документами нижнее отклонение (минусовый допуск) на выпуклой стороне отвода от номинальной толщины стенки.

Таблица 3

Отношение среднего радиуса изгиба отвода к его наружному диаметру	1.0	1.5	2.0	3.0 и более
Коэффициент несущей способности для выпуклой стороны отвода $\chi$	0.9	0.9	0.9	0.95

Полученное значение допустимой толщины стенки в *миллиметрах* округляется в большую сторону с точностью до одного знака после запятой. Допустимая толщина стенки должна быть не менее 4 мм.

### 2.4. Оценка работоспособности отводов с эрозийным утонением стенки

Для оценки работоспособности отводов необходимо выполнить следующую последовательность операций:

1. Замерить фактическую толщину стенки отвода  $\delta_f$  на выпуклой стороне.
2. Определить расчетную толщину стенки  $\delta_p$  по [формуле \(1\)](#).
3. Если фактическая толщина стенки превышает расчетную, разрешается дальнейшая эксплуатация отвода с последующим контролем толщины 1 раз в год.
4. Если фактическая толщина стенки меньше расчетной, рассчитывается допустимое утонение стенки по [формуле \(3\)](#).
5. Если фактическая толщина стенки больше допустимой  $[\delta]$ , разрешается дальнейшая эксплуатация отвода с контролем толщины 1 раз в 6 месяцев. В противном случае - необходима замена отвода.

Алгоритм оценки работоспособности представлен на [рис. 3](#).

При наличии на внешней поверхности отвода забоин, продиров, рисок, царапин они должны быть зачищены с плавным переходом к поверхности детали, при этом толщина стенки в зачищенном месте должна быть не менее ее минимального значения. Расслоения, рванины, трещины любой глубины и протяженности в отводах не допускаются.

Изменение срока периодичности контроля должно быть обосновано эксплуатирующей организацией, исходя из специфики технологии и фактических данных по интенсивности износа стенки конкретного отвода.



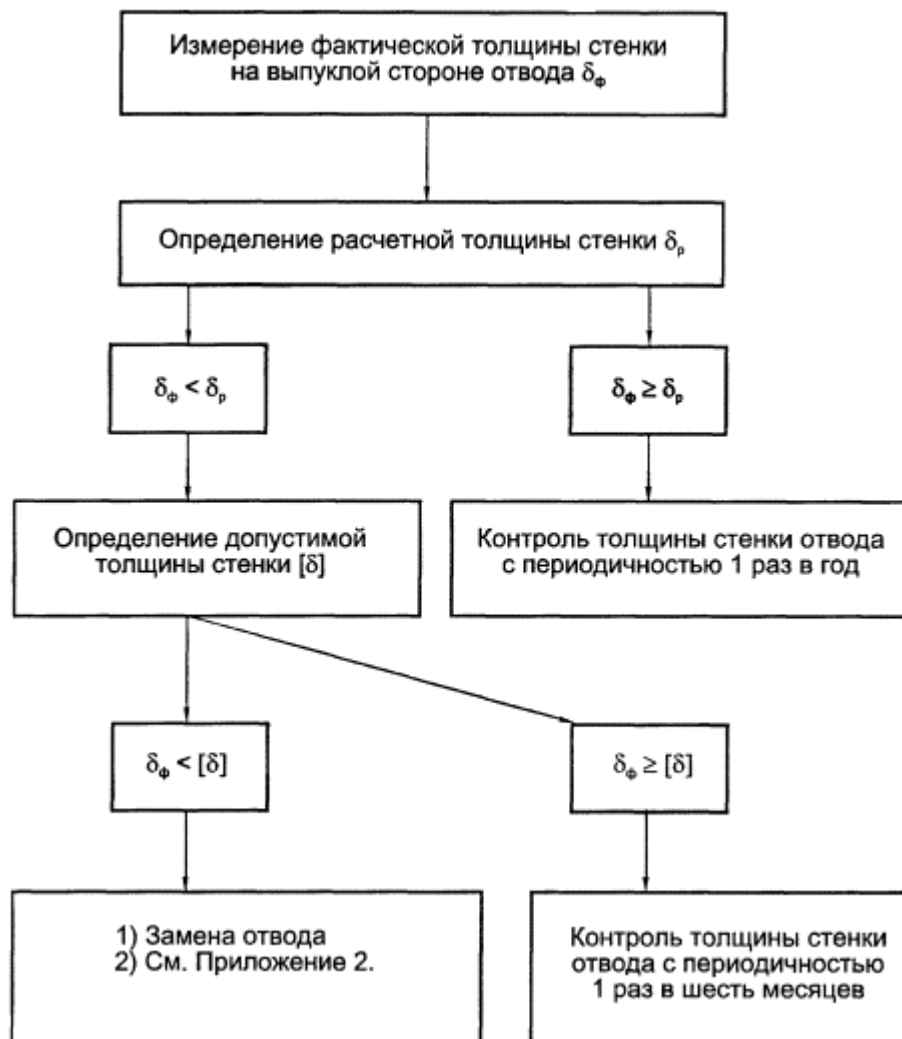


Рис. 3. Алгоритм оценки работоспособности отводов с эрозионным утонением стенки

Пример 1.

Исходные данные: отвод штамповарной;

Сталь 15ХСНД ( $R_{\text{т}}^{\text{ст}} = 490$  МПа);

Наружный диаметр  $D_{\text{н}} = 1020$  мм;

Номинальная толщина стенки  $\delta_{\text{н}} = 28$  мм;

Средний радиус изгиба  $R_{\text{и}} = 1500$  мм;

Рабочее давление  $p = 7,4$  МПа;

Коэффициент надежности по материалу  $k_1 = 1,4$ ;

Коэффициент надежности по назначению  $k_{\text{н}} = 1,0$ ;

Коэффициент надежности по нагрузке  $n = 1,1$ ;

Коэффициент условий работы  $m = 0,6$ .

1. По результатам измерений фактическая толщина стенки на выпуклой стороне отвода составила  $\delta_{\text{ф}} = 25,2$  мм.
2. Определим расчетную толщину стенки отвода. Расчетное сопротивление материала отвода составляет:

$$R_{\text{т}} = \frac{R_{\text{т}}^{\text{ст}} \cdot m}{k_1 \cdot k_{\text{н}}} = \frac{490 \cdot 0,6}{1,4 \cdot 1,0} = 210 \text{ МПа.}$$

По [формуле \(1\)](#) найдем толщину стенки:



$$\delta_p = \frac{prD_n}{2(R_1 + pr)} r_k = \frac{1,1 \cdot 7,4 \cdot 1020}{2(210 + 1,1 \cdot 7,4)} \cdot 1,15 = 21,9 \text{ мм.}$$

3. Фактическая толщина стенки отвода превышает расчетную. Разрешается дальнейшая эксплуатация с контролем толщины стенки 1 раз в год.

Пример 2.

Исходные данные: отвод штамповарной;

Сталь 15ХСНД ( $R_1^k = 490$  МПа);

Наружный диаметр  $D_n = 720$  мм;

Номинальная толщина стенки  $\delta_n = 20$  мм;

Средний радиус изгиба  $R_n = 1000$  мм;

Рабочее давление  $p = 7,4$  МПа;

Коэффициент надежности по материалу  $k_1 = 1,4$ ;

Коэффициент надежности по назначению  $k_n = 1,0$ ;

Коэффициент надежности по нагрузке  $n = 1,1$ ;

Коэффициент условий работы  $m = 0,6$ .

1. По результатам измерений фактическая толщина стенки на выпуклой стороне отвода составила  $\delta_f = 12$  мм.

2. Определим расчетную толщину стенки отвода. Расчетное сопротивление материала отвода составляет:

$$R_1 = \frac{R_1^k \cdot m}{k_1 \cdot k_n} = \frac{490 \cdot 0,6}{1,4 \cdot 1,0} = 210 \text{ МПа.}$$

По [формуле \(1\)](#) найдем расчетную толщину стенки:

$$\delta_p = \frac{prD_n}{2(R_1 + pr)} r_k = \frac{1,1 \cdot 7,4 \cdot 720}{2(210 + 1,1 \cdot 7,4)} \cdot 1,15 = 15,5 \text{ мм.}$$

3. Так как фактическая толщина стенки отвода меньше расчетной рассчитывается допустимая толщина стенки по [формуле \(3\)](#):

$$[\delta] = \begin{cases} \frac{prD_n}{2(R_1 + pr)} r_k = \frac{1,1 \cdot 7,4 \cdot 720}{2(210 + 1,1 \cdot 7,4)} \cdot 0,9 = 12,1 \text{ мм,} \\ \delta_n - \Delta \delta = 20 - 3 = 17 \text{ мм (в соответствии с ТУ102 - 488 - 95);} \end{cases}$$

Допустимой толщиной стенки является минимальное из двух полученных значений, т.е.  $[\delta] = 12,1$  мм.

4. Фактическая толщина стенки отвода  $\delta_f$  меньше допустимой  $[\delta]$ . Необходима замена отвода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В "Инструкции..." указаны отводы, подлежащие контролю, определены порядок и периодичность проведения измерений толщин стенок. Представлена методика оценки работоспособности отводов с эрозионным утонением стенки. Даны примеры ее использования.

Для практического применения "Инструкции..." рекомендуется использовать пакет программ, описание которых представлено в [ПРИЛОЖЕНИИ 3](#).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по контролю толщины стенок надземных газопроводов, технологической обвязки КС, ДКС, ГРС и гребенок подводных переходов

магистральных газопроводов. Москва, 1987 г., ВНИИГАЗ. – 17 с.

2. [СНиП 2.05.06-85\\*](#). Магистральные трубопроводы/Гострой СССР. - М., 1997. – 52 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

### Характеристики ультразвуковых толщиномеров

Модель толщиномера	Диапазон измеряемых толщин, мм	Погрешность измерений, мм	Тип индикатора	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
1. DMS (ф. Крауткремер, ФРГ)	0,25-500,0	± 0,01 ± 0,1	жидкокристаллический, цифровой, диалоговый	1,0 с батареями	120×104×42
2. 26DL Plus (ф. Панаметрикс, США)	0,5-200,0	± 0,01 ± 0,1	-"	0,9 с батареями	299×127×38
3. 36DL Plus (ф. Панаметрикс, США)	0,5-500,0	± 0,01 ± 0,1	-"	0,95 с батареями	299×127×38

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

### Определение допускаемого рабочего давления

Если фактическая толщина  $\delta_{\text{ф}}$  стенки отвода меньше допустимой  $[\delta]$ , дальнейшая эксплуатация такого отвода при нормативном давлении не допускается. В практике эксплуатации могут возникнуть ситуации, когда замена отвода не может быть осуществлена быстро и требуется решить вопрос о временной эксплуатации отвода на пониженном давлении. Решение о снижении давления должен принимать проектный институт совместно со специализированными организациями. Допускаемое давление рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{дп}} \leq \frac{R_1}{\sigma \left( \frac{D_{\text{н}}}{2} \cdot \frac{\chi}{\delta_{\text{ф}}} - 1 \right)}$$

Полученное значение допускаемого давления в МПа округляется в меньшую сторону с точностью до одного знака после запятой.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### Описание электронных таблиц инструкции по контролю толщины стенок отводов

В обновленном варианте инструкции по измерению толщины стенки рекомендуется использовать табличный процессор "Excel 5.0", позволяющий осуществлять:

- хранение данных о технических характеристиках отводов и справочных данных о характеристиках материалов, используемых для отводов;
- расчет допустимых давлений для каждого отвода по фактической толщине стенки или расчет допустимой толщины стенки по внутреннему давлению трубопровода;
- выбор и сортировку отводов по определенным критериям.

Такие электронные таблицы облегчают обслуживающему персоналу текущую эксплуатацию отводов технологической обвязки, делают ее более оперативной. Это связано с тем, что основные операции по расчетам и выдаче информации в удобной для пользователя форме производятся вычислительной машиной практически мгновенно. Электронные таблицы Инструкции включают в себя две основные таблицы, имеющие следующие названия:

1. Технический паспорт.
2. Расчет допустимого давления.

Таблица "Технический паспорт" содержит четырнадцать информационных полей, которые заполняются вручную, полуавтоматически из меню или автоматически

вычислительной машиной без участия оператора.

Поля: "Наименование отвода", "Радиус изгиба", "Диаметр наружный", "Давление фактическое", "Коэффициенты условий работы трубопровода" заполняются вручную один раз в момент создания технического паспорта объекта на основе исполнительной документации на отводы. В это же время производится заполнение полей "Марка стали", "Коэффициенты несущей способности" ( $\eta$ ), и "Коэффициент надежности по назначению" ( $k_n$ ) из соответствующих им меню. Данные полей: "Временное сопротивление разрыву" ( $\sigma_b$ ), "Предел текучести" ( $\sigma_T$ ), "Коэффициент надежности по материалу" ( $k_1$ ) выбираются автоматически из справочных таблиц, находящихся в памяти машины, и используются для определения расчетного сопротивления материала  $R_1$  и расчетной толщины стенки отвода  $\delta_p$ , которые заносятся в соответствующие им поля автоматически.

Перечень информационных полей с их названиями, размерностью и способом ввода данных приведен в табл. 2.1.

Таблица 2.1.

Перечень информационных полей таблицы "Технический паспорт"

№ п.п.	Наименование полей	Размерность	Ручной ввод данных	Ввод данных из меню	Автоматический ввод данных
1.	"Наименование отвода"	б\р	+	----	----
2.	"Радиус изгиба", $R_n$	мм	+		
3.	"Диаметр наружный", $D_n$	мм	+		
4.	"Давление фактическое", $p_f$	МПа	+		
5.	"Коэффициент условий работы", $m$	б\р	+	+	
6.	"Марка стали"	б\р	+	+	
7.	"Временное сопротивление разрыву", $\sigma_b$	МПа			+
8.	"Предел текучести", $\sigma_T$	МПа			+
9.	"Коэффициент надежности по материалу", $k_1$	б\р			+
10.	"Коэффициент надежности по назначению", $k_n$	б\р			+
11.	"Коэффициент несущей способности", $\eta_{вог}$	б\р			+
12.	"Коэффициент несущей способности", $\eta_{вып}$	б\р			+
13.	"Расчетное сопротивление материала", $R_1$	МПа			+
14.	"Расчетная толщина стенки", $\sigma_p$	мм			+

ПРИМЕЧАНИЕ.

1. Коэффициент надежности по нагрузке (внутреннее давление газопроводов) принимается равным  $\eta = 1.1$  в соответствии с таблицей 13 [СНиП 2.05.06-85](#).

2. б/р - безразмерная величина.

Таблица "Расчет допустимого давления" включает в себя десять информационных полей и содержит сведения о наименовании отводов, на которых проводились измерения толщины стенки, дате проведения измерений, типе применяемого прибора, результатах трехкратных измерений фактической толщины стенки и среднем ее значении, результатах расчетов допустимой толщины стенки и допустимого давления (Табл. 2.2).

В зависимости от соотношения между расчетной, допустимой и фактической толщиной стенки отвода, могут быть предложены новые условия эксплуатации: изменить периодичность измерений или внутреннее давление трубопровода, произвести полную замену отвода.

Ввод данных в поле "Наименование отвода", производится путем переноса наименования конкретного отвода из списка отводов, находящихся в таблице "Технический паспорт", а данные полей "Дата измерений", "Тип аппаратуры" и "Данные

измерений толщины стенки" заносятся вручную на основании "Акта об измерениях толщины стенки отводов". Данные полей: "Среднее значение измерений толщины", "Допустимое давление", "Периодичность измерений" и "Допустимая толщина отвода" вычисляются и заносятся в соответствующие поля автоматически.

Таблица 2.2.

Перечень информационных полей таблицы "Расчет допустимого давления"

№№ п.п.	Наименование поля	Размерность	Ручной ввод с клавиатуры	Ввод из меню	Ввод автоматический
1.	Наименование отвода	б\р		+	
2.	Дата измерений	число, месяц, год	+		
3.	Тип толщиномера	б\р	+		
4.	Первый отсчет толщины	мм	+		
5.	Второй отсчет толщины	мм	+		
6.	Третий отсчет толщины	мм	+		
7.	Среднее значение толщины, бф	мм			+
8.	Допустимое давление, $p_{\text{доп}}$	МПа			+
9.	Допустимая толщина, $b_{\text{доп}}$	мм			+
10.	Периодичность измерений	месяц			+

В Инструкции помещен справочник по коэффициентам запаса, который содержит данные, взятые из [СНиПа 2.05.06-85](#), находящиеся в трех вспомогательных таблицах:

1. Таблица "Характеристики материалов для отводов" включает в себя данные по основным маркам сталей для труб и отводов обвязочных трубопроводов: временное сопротивление разрыву  $\sigma_b$ , предел текучести  $\sigma_T$  и коэффициент надежности по материалу  $k_1$ ).

2. Таблица "Коэффициент несущей способности ( $\eta$ )" содержит значения коэффициентов  $\eta$  в зависимости от отношения радиуса изгиба  $R_n$  к наружному диаметру  $D_n$  трубопровода. Отдельно приводятся коэффициенты для вогнутой и выпуклой части отвода.

3. В таблице "Коэффициент надежности по назначению в зависимости от рабочего давления и условного диаметра" находятся данные по коэффициентам  $k_n$ , сгруппированные в три поддиапазона:

- 1)  $p < 5.4$  МПа;
- 2)  $5.4 \text{ МПа} < p < 7.4$  МПа;
- 3)  $7.4 \text{ МПа} < p < 9.8$  МПа.

Поскольку обращение к справочнику осуществляется вычислительной машиной и не требуется вмешательства оператора, данные таблицы недоступны для просмотра.

### Ввод данных

Ввод данных осуществляется вручную в диалоговом режиме, путем заполнения пустых клеток, названия которых совпадают с названиями информационных полей. В случае ошибочного ввода данных в строку они могут быть откорректированы или изменены полностью.

Ввод технических характеристик отвода осуществляется с использованием заранее заготовленного списка этих характеристик по форме, совпадающей с формой таблицы "Технический паспорт". Список составляется на базе исполнительной документации.

Поле "Название отвода" таблицы "Технический паспорт" рекомендуется оформить следующим образом: в первой части названия отвода записать определяющее слово (№ цеха КС, название ГРС, и т.п.); а во второй части записать номер отвода. Размерность радиуса изгиба, и наружного диаметра трубопровода указать в миллиметрах, а давление в МПа.

Ввод данных в таблицу "Расчет допустимого давления" производится на основании "Акта об измерениях толщины стенки отводов" с указанием даты проведения измерений, типа применяемой аппаратуры и трех значений измеренной величины в каждой точке. Размерность измеряемых величин указывается в миллиметрах, а разрядность каждого отсчета не менее одного разряда после запятой.

### **Вывод данных**

Данные измерений и расчетов могут выводиться на монитор ЭВМ или/и распечатываться на бумажной ленте в виде таблиц и графиков.

Среднее фактическое, допустимое и расчетное значения толщины стенки должны выводиться с разрядностью не менее одного разряда после запятой, так же как и расчетное сопротивление материала и значение допустимого давления. Данные о периодичности контроля толщины стенки отводов, отвечающих требованиям СНиПа или эксплуатируемых с определенными ограничениями, выводятся в столбце "Периодичность измерений".

Пользуясь средствами графического представления информации пакета "Excel", можно вывести данные в графическом виде из любого информационного поля или их любой комбинации.

Таблицы "Технический паспорт" и "Расчет допустимого давления" представляют собой простейшие базы данных. Организация запросов и вывод информации может осуществляться с помощью команд "Автофильтр" и "Расширенный фильтр", находящихся в главном меню пакета "Excel", пункт "Данные".

### **Пример использования электронных таблиц инструкции по измерению толщины стенок отводов.**

Исходные данные:

1. Цех № 3, № 4, № 5 компрессорной станции № 1.
2. Количество контролируемых отводов в каждом цехе - 5.
3. Данные по геометрическим размерам, проектному давлению, марках стали и проценте контроля сварных швов взяты из исполнительной документации.
4. Данные по измерению фактической толщины представлены в "Акте об измерении толщины стенок отводов" (Табл. 2.3).

Таблица 2.3

"Акт об измерении толщины стенок отводов цеха № 3, № 4, № 5 КС-1"

№№ п.п.	Наименование отвода	Отсчет № 1	Отсчет № 2	Отсчет № 3
1	2	3	4	5
1.	Цех № 3, отвод № 1	10	11	11
2.	Цех № 3, отвод № 2	8	8.2	8.1
3.	Цех № 3, отвод № 3	8	8.1	8.2
4.	Цех № 3, отвод № 4	6.1	6.3	6.4
5.	Цех № 3, отвод № 5	11	11.2	11.4
6.	Цех № 4, отвод № 1	8	8.1	8.3
7.	Цех № 4, отвод № 2	8	8.2	8.1
8.	Цех № 4, отвод № 3	6	6.5	6.3
9.	Цех № 4, отвод № 4	6.5	6.4	6.2
10.	Цех № 4, отвод № 5	11	11.2	11.4
11.	Цех № 5, отвод № 1	11	11	11.2
12.	Цех № 5, отвод № 2	25	25.2	25.3
13.	Цех № 5, отвод № 3	12	12	12.3
14.	Цех № 5, отвод № 4	12.2	12.1	12.3
15.	Цех № 5, отвод № 5	12.2	12.1	12.1

Перед началом ввода данных в вычислительную машину установить пакет "EXCEL 5.0." и открыть файл " Proba 53. xls."

1. Выбрать на открывшейся таблице ярлычок (в нижней части экрана) под названием "Технический паспорт".
2. После появления на экране таблицы "Технический паспорт" можно начать ввод данных, для чего нажать кнопку "Добавить отвод" (в верхней части таблицы).
3. На экране появится диалог "Регистрация отвода" в виде прямоугольной рамки с названиями полей: "Наименование отвода", "Наружный диаметр" и т.д. (рис. 4).
4. Введя данные в первое по порядку поле "Наименование отвода", переходят к следующему полю путем нажатия кнопки "Tab". Если по какой-то причине данные не должны вводиться, то нажать кнопку "Отмена".
5. Выбор стали производится из раскрывающегося меню "Сталь".
6. Для выбранных значений радиуса изгиба отвода и наружного диаметра отвода автоматически вычисляется их отношение и выводится на экран рядом с меню " $R_n \backslash D_n$ ", из которого выбирается из списка ближайшее к этому вычисленному значению число, которое используется для автоматического выбора коэффициентов.

Регистрация отвода

Технические характеристики отвода

Наименование отвода Цех 3 отвод № 1

Наружный диаметр  $D_n$  (мм) 0

Радиус изгиба  $R_n$  (мм) 0

Фактическое давление  $P$  (МПа) 0

Козфф. Условий работы  $m$  0

Выберите значения

Сталь 17Г1С

$R_n \backslash D_n$  1

$P_{ф. D_n}$  55 <=  $P$  <= 75: <= 500

Перемещение по полям кл. TAB !!!

ОК Отмена

Рис. 4

7. Из списка пар значений рабочего давления и условного диаметра отвода выбирается из меню " $p_{ф} - D_n$ " та пара значений, которая принадлежит данному отводу.
8. После ввода данных в последнее поле таблицы "Технический паспорт" необходимо нажать кнопку "ОК", и программа переходит к вводу данных в таблицу "Расчет допустимого давления".
9. Редактирование данных таблицы "Технический паспорт" производится с помощью двух кнопок: "Искать" и "Редактировать", находящихся в поле таблицы "Технический паспорт", слева, сверху.
10. При нажатии кнопки "Искать" открывается диалог "Поиск отвода", в котором выбирается из списка нужный отвод (рис. 5). После нажатия кнопки "Искать", находящейся в поле диалога, при успешном завершении поиска на экран выводится сообщение "Отвод найден". При нажатии кнопки "Редактировать" на экран выводится диалог "Редактирование технических характеристик отвода" с полями, заполненными данными искомого отвода (рис. 6). После изменений данных отвода, необходимо нажать кнопку "Заменить". При попытке удалить запись данного отвода полностью, программа проверяет наличие данного отвода в таблице "Расчет допустимого давления". При его обнаружении удаление запрещается, о чем выводится соответствующее сообщение. Для удаления записи из таблицы "Технический паспорт", должна быть удалена предварительно запись

соответствующего отвода из таблицы "Расчет допустимого давления". Следует обратить внимание на то, что при редактировании технических характеристик отвода, все вычисленные данные, занесенные в таблицу "Расчет допустимого давления" для новых, откорректированных данных не пересчитываются.

Поиск отвода

Выберите отвод  ▼

Рис. 5

Редактирование технических характеристик отвода

Наименование отвода

Зона редактирования

Наружный диаметр D н (мм)	<input type="text" value="426"/>	Сталь	<input type="text" value="20...10"/> ▼
Радиус изгиба R и (мм)	<input type="text" value="1000"/>	R и/Dн	<input type="text" value="1"/> ▼
Фактическое давление P (Мпа)	<input type="text" value="5,5"/>	Rф. D н	<input type="text" value="55&lt;= P&lt;=75; &lt;=500"/> ▼
Козфф. Условий работы m	<input type="text" value="0,6"/>		

Рис. 6

Коррекция записи измерения

Наименование отвода

Дата измерений

Тип аппаратуры

Результаты измерений

Толщина стенки (мм)

Измерение 1	<input type="text" value="12,2"/>	<input type="button" value="Заменить"/> <input type="button" value="Удалить"/> <input type="button" value="Отмена"/>
Измерение 2	<input type="text" value="12,1"/>	
Измерение 3	<input type="text" value="12,1"/>	

Рис. 7



Чтобы их изменить, необходимо в таблице "Расчет допустимого давления" вызвать последовательно кнопки "Искать" и "Редактировать" и в поле диалога "Коррекция записи измерений" (рис. 7) нажать кнопку "Заменить". Для заполнения таблицы "Расчет допустимого давления" необходимо выбрать ярлычок "Расчет доп. давления" в нижней части таблицы. Раскрывается таблица "Расчет доп. давления", и имеется возможность начать ввод данных.

11. Ввод данных начинается с нажатия кнопки "Ввод измерений".
12. После появления на экране диалога "Ввод результатов измерений" (рис. 8) в виде прямоугольной рамки с окнами для данных выбрать из раскрывающегося меню "Наименование отвода" тот отвод, для которого были проведены измерения толщины.

The image shows a dialog box titled "Ввод результатов измерений". It is divided into several sections:

- Наименование отвода:** A dropdown menu showing "Цех 3 отвод 1".
- Дата измерений:** An empty text input field.
- Тип аппаратуры:** A text input field containing "УТ-93П".
- Результаты измерений:** A section titled "Толщина стенки (мм)" containing three input fields labeled "Измерение 1", "Измерение 2", and "Измерение 3", each with the value "0".
- Buttons:** "OK" and "Отмена" buttons are located at the bottom left.

Рис. 8

13. Ввести данные измерений, взяв их из "Акта об измерениях...".
14. После заполнения всех полей диалога, автоматически производятся вычисления среднего значения толщины стенки отвода, допустимого значения толщины стенки, допустимого давления и периодичности измерений.
15. Редактирование данных таблицы "Расчет допустимого давления" происходит с использованием кнопок "Искать" и "Редактировать", расположенных в верхнем левом углу данной таблицы в том же порядке, как и для данных таблицы "Технический паспорт". После нажатия кнопки "Искать", выбирается нужный отвод из списка диалога "Поиск записи измерений" (рис. 9), и если поиск удачный, то нажимается кнопка "Искать" в этом диалоге. В результате на экране появляется диалог "Коррекция записи измерений" с данными по результатам измерений выбранного отвода (рис. 7). После необходимых изменений нажимается кнопка "Заменить".

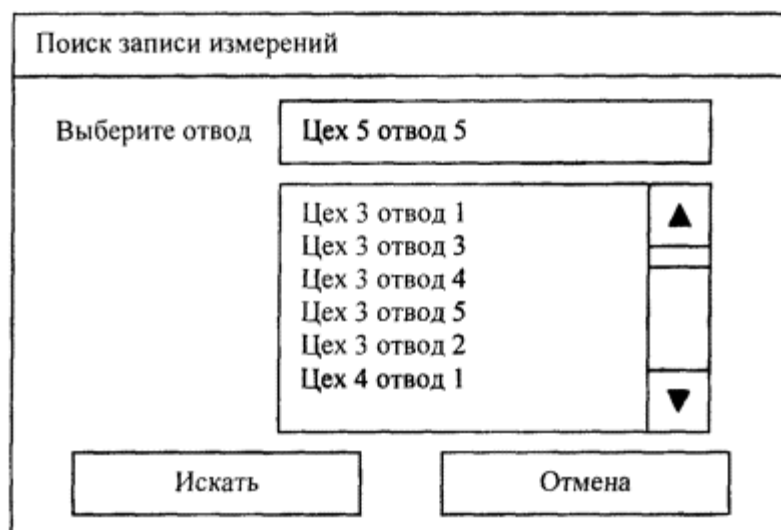


Рис. 9

16. После ввода данных в таблицы "Технический паспорт" и "Расчет допустимого давления" производятся необходимые вычисления и заполнение всех полей указанных таблиц (Табл. 2.4) и (Табл. 2.5).

Анализируя содержание таблиц "Технический паспорт" и "Расчет допустимого давления", созданных на основе иллюстративного материала, можно увидеть, что техническое состояние контролируемых отводов различное. По этому признаку можно все отводы объединить в три группы:

1. Отводы с неизменяемыми условиями эксплуатации и периодичностью измерений толщины стенки.

К ним относятся:

- Цех № 3: отвод № 1;
- Цех № 4: отводы №№ 1, 2, 5;

2. Отводы, где требуется изменить периодичность измерений толщины с 12 месяцев до 6 месяцев:

- Цех № 3: отводы №№ 2, 3, 4, 5;
- Цех № 5: отводы №№ 1, 2, 4, 5;

3. Отводы, где фактическое давление превышает допустимое, а так же требуется изменить периодичность измерений толщины стенки с 12 месяцев до 6 месяцев:

- Цех № 4: отводы №№ 3, 4;
- Цех № 5: отвод № 3.

Используя упоминавшийся ранее режим "Автофильтр", который находится в главном меню пакета "Excel", пункт "Данные", можно создать ряд запросов, которые упростят анализ полученных результатов и сделают их более наглядными.

Таблица 2.4

Наименование отвода	Радиус изгиба (мм)	Диаметр наружн. (мм)	Давление фактическое (МПа)	Коэф. условий раб. $m$	Марка стали	Врем. сопротив. разрыву (МПа)	Предел текуч. (МПа)	Коэфф. безопас. по материалу $k_1$	Коэфф. надежн. по назнач. газ-да $k_n$	Коэфф. несущ. способ. $h_{вог}$	Коэфф. несущ. способ. $h_{вып}$	Расчет. сопротив. матер. (МПа) $R_1$	Расчет. Толщина стенки(мм) $d_{расч}$
Ввод измерений	$R_n$	$D_n$	$P_\phi$		Сталь	$S_B$	$s$						
Искать													
Редактировать													
Цех 3 отвод 1	1000	426	6	0,6	20...10	420	250	1,55	1	1	0,9	162,6	8,3
Цех 3 отвод 3	1500	530	6	0,6	17Г1С	520	350	1,55	1	1	0,9	201,3	8,4
Цех 3 отвод 4	500	325	6	0,6	20...10	420	250	1,55	1	1,15	0,9	162,6	7,3
Цех 3 отвод 5	1000	720	6	0,6	09Г2С	520	350	1,55	1	1,15	0,9	201,3	13,1
Цех 3 отвод 2	1000	426	6	0,6	20...10	420	250	1,55	1	1	0,9	162,6	8,3
Цех 4 отвод 1	1000	426	5,5	0,6	20...10	420	250	1,55	1	1	0,9	162,6	7,6
Цех 4 отвод 2	1000	426	5,5	0,6	1) 20...10	420	250	1,47	1	1	0,9	171,4	7,3
Цех 4 отвод 5	1000	720	5,5	0,6	09Г2С	520	350	1,55	1	1	0,9	201,3	10,5
Цех 4 отвод 3	1500	530	5,5	0,6	17Г1С	520	350	1,55	1	1	0,95	201,3	7,7
Цех 4 отвод 4	1000	426	5,5	0,6	1) 20...10	420	250	1,47	1	1	0,9	171,4	7,3
Цех 5 отвод 1	1000	530	7,5	0,6	1) 20...10	420	250	1,47	1	1	0,9	171,4	12,2
Цех 5 отвод 2	1200	1020	7,5	0,6	15ХСНД	500	350	1,55	1	1,3	0,9	193,5	27,1
Цех 5 отвод 3	1000	530	7,5	0,6	ВМСт 30	380	230	1,55	1	1	0,9	147,1	14,1
Цех 5 отвод 4	1200	530	7,5	0,6	1) 20...10	420	250	1,47	1	1	0,9	171,4	12,2
Цех 5 отвод 5	1500	530	7,5	0,6	1) 20...10	420	250	1,47	1	1	0,95	171,4	12,2

Таблица 2.5

Наименование отвода	Дата измерений	Тип аппаратуры	Данные измерений толщины стенки, (мм)			Среднее знач. измер. толщ., (мм)	Допустимая толщина, (мм)	Давление допустимое, (МПа)	Периодичность осмотров (в месяцах)
			$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$				
Ввод измерений									
Искать									
Редактировать									
Цех 3 отвод 1	10.10.97	УТ-93П	10	11	11	10,7	8,3	6,0	12
Цех 3 отвод 3	10.10.97	УТ-93П	8	8,1	8,2	8,1	7,6	6,0	6
Цех 3 отвод 4	10.10.97	УТ-93П	6,1	6,3	6,4	6,3	5,7	6,0	6
Цех 3 отвод 5	10.10.97	УТ-93П	11	11,2	11,4	11,2	10,3	6,0	6
Цех 3 отвод 2	10.10.97	УТ-93П	8	8,2	8,3	8,2	7,5	6,0	6
Цех 4 отвод 1	10.10.97	УТ-93П	8	8,1	8,3	8,1	7,6	5,5	12
Цех 4 отвод 2	10.10.97	УТ-93П	8	8,2	8,1	8,1	7,3	5,5	12
Цех 4 отвод 5	10.10.97	УТ-93П	11	11,2	11,4	11,2	10,5	5,5	12

Наименование отвода	Дата измерений	Тип аппаратуры	Данные измерений толщины стенки, (мм)			Среднее знач. измер. толщ., (мм)	Допустимая толщина, (мм)	Давление допустимое, (МПа)	Периодичность осмотров (в месяцах)
			$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$				
Ввод измерений									
Искать									
Редактировать									
Цех 4 отвод 3	10.10.97	УТ-93П	6	6,5	6,3	6,3	7,3	4,7	6
Цех 4 отвод 4	10.10.97	УТ-93П	6,5	6,4	6,2	6,4	6,6	5,4	6
Цех 5 отвод 1	10.10.97	УТ-93П	11	11	11,2	11,1	11,0	7,5	6
Цех 5 отвод 2	10.10.97	УТ-93П	25	25,2	25,3	25,2	18,8	7,5	6
Цех 5 отвод 3	10.10.97	УТ-93П	12	12	12,3	12,1	12,7	7,1	6
Цех 5 отвод 4	10.10.97	УТ-93П	12,2	12,1	12,3	12,2	11,0	7,5	6
Цех 5 отвод 5	10.10.97	УТ-93П	12,2	12,1	12,1	12,1	11,6	7,5	6

Например, "Найти отводы, где необходимо изменить периодичность измерений толщины стенки". Для этой цели:

1. Выделить столбец "Периодичность измерений" таблицы "Расчет допустимого давления".
2. Инициировать пункт меню "Данные" и в подменю "Фильтр" найти команду "Автофильтр".

На экране в столбце "Периодичность измерений" появится кнопка со стрелкой. После нажатия этой кнопки появится меню условий выборки. Найти среди них то, которое отвечает требованию запроса, в данном случае число "6", и ввести. На экране в таблице "Расчет допустимого давления" вместо полной таблицы появится таблица списка отводов с искомой периодичностью.