

УТВЕРЖДАЮ
Декан (директор)

_____ А.К. Мазуров
« __ » _____ 2009 г.

Н.А.Антропова, А.В. Шадрина, А.Л. Саруев

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Геодезическое обеспечение строительства газонефтепрово-
дов и газонефтехранилищ» для студентов IV курса,
обучающихся по направлению 130500 «Нефтегазовое дело»,
специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Издательство
Томского политехнического университета
2009

УДК 622.692:528.4(07)

ББК 39.77:26.1я7

A728

Антропова Н.А., Шадрина А.В., Саруев А.Л.

A728 Геодезическое обследование вертикальных стальных резервуаров: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Геодезическое обеспечение строительства газонефтепроводов и газонефтехранилищ» для студентов IV курса, обучающихся по направлению 130500 «Нефтегазовое дело», специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» / Н.А. Антропова, А.В. Шадрина, А.Л. Саруев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 36 с.

УДК 622.692:528.4(07)

ББК 39.77:26.1я7

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры
транспорта и хранения нефти и газа ИГНД
«16 » ноября 2006 г.

Зав. кафедрой ТХНГ

кандидат техн. наук,

_____ *А.В. Рудаченко*

Председатель

учебно-методической комиссии

_____ *В.М. Передерин*

Рецензент

Главный геодезист ООО Сибстрой

В.Е. Чабан

© Антропова Н.А., Шадрина А.В.,
Саруев А.Л., 2009

© Томский политехнический университет,
2009

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2009

Введение

Резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов относятся к объектам повышенной экологической опасности. В зависимости от объёма и места расположения резервуары подразделяются на три класса – *особо опасные, повышенной опасности, опасные*. Резервуары работают в сложном напряженно-деформированном состоянии, обусловленном одновременным действием гидростатического давления хранимого нефтепродукта, значительного перепада температуры, ветровой и снеговой нагрузок, неравномерными осадками, сейсмическими явлениями и др. Их конструкции различны, но в настоящей лабораторной работе мы остановимся только на вертикальных цилиндрических стальных резервуарах (далее – РВС или резервуары).

При сдаче в эксплуатацию вновь построенных резервуаров проводится их геодезическое обследование, которое заключается в проверке геометрических параметров смонтированных конструкций.

При приемке резервуаров в эксплуатацию проводят испытания конструкций резервуаров в соответствии с требованиями: СНиП 3.03.01 «Несущие и ограждающие конструкции»; ВСН 311-87 «Инструкция по изготовлению и монтажу вертикальных цилиндрических резервуаров», утверждена Минмонтажспецстроем СССР 6 октября 1981 г.; РД 153-39.4-078.00 «Правила технической эксплуатации резервуаров магистральных нефтепроводов и нефтебаз», утверждены министерством топлива и энергетики РФ 6 марта 2001 г.; ПБ 03-605-03 «Правила устройства вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов», утверждены Госгортехнадзором России 9 июня 2003 г.

Порядок и содержание геодезического обследования определены в ТД 23-115-96 «Технология геодезического обследования стальных вертикальных резервуаров» и РД-16.01-60.30.00-КТН-063-1-05 «Правила технической диагностики резервуаров», утвержденных в 2005 г. (Приложение 1).

Отказы и аварии на резервуаре в процессе эксплуатации могут произойти при несоответствии геометрических параметров РВС проектным параметрам, возникших при его строительстве.

Геодезическому контролю при приёмке РВС в эксплуатацию подлежат (ПБ 03-605-03):

- днище резервуара перед испытаниями и после слива воды;
- окрайка днища (перед заливом резервуара водой, по достижении максимального уровня налива, по окончании выдержки при максимальном уровне налива, после слива воды);

- фундаментное кольцо в точках, прилегающих к контролируемым точкам окраек днища;
- фундаменты опорных конструкций запорной арматуры приёмораздаточных технологических трубопроводов;
- фундамент шахтной лестницы;
- трубопроводы системы пожаротушения (кроме вертикальных участков).
- внутренний диаметр резервуара на уровне 300 мм от днища;
- образующие стенки на высоте каждого пояса;
- стационарная крыша (разность отметок смежных узлов верха радиальных балок и ферм на опорах);
- понтоны или плавающая крыша (отметки верхней кромки наружного кольцевого листа).

Геодезические измерения проводят в ходе гидравлических испытаний, которые длятся 24 – 72 часа при пустом и заполненном резервуаре.

Предельно допустимые отклонения размеров и формы смонтированного резервуара не должны превышать значений, указанных в ПБ 03-605-03 (Приложение 2). Результаты гидравлического испытания оформляют актом по форме, приведённой также в ПБ 03-605-03 (Приложение 3).

На законченный строительством вертикальный стальной резервуар должна быть передана в эксплуатирующую организацию техническая документация, в том числе паспорт резервуара (согласно РД 153-39.4-078.00), в котором отражены результаты геодезического контроля геометрической формы построенного объекта.

Геодезические приборы, применяемые для обследования, должны иметь документы, выданные метрологическими службами Госстандарта, о прохождении поверок с указанием даты поверки, подписи поверителя и заверены печатями. К проведению работ по геодезическому обследованию резервуаров могут быть допущены лица, имеющие при себе удостоверение, подтверждающее их право на проведение данных работ (прошедшие обучение и аттестованные в установленном порядке).

Информация о резервуаре

- Тип резервуара – РВС¹-20000 №4.
- Изготовлен – по типовому проекту 704-1-29.
- Рабочие чертежи разработаны – Томский филиал «Гипротрубопроводстрой».

¹ Резервуар вертикальный стальной со стационарной крышей

- Завод-изготовитель – «Саратовский завод резервуарных металлоконструкций».
- Строительно-монтажная организация:
 - СУ-6 трест «Томскгазстрой» – монтаж стальных конструкций.
 - СУ-9, МУ-15 - строительство основания и фундамента.
- Дата начала монтажа – 10 августа 1977 г.
- Дата окончания монтажа – 3 февраля 1978 г.
- Дата приемки и ввода в эксплуатацию – 30 сентября 1980 г.
- Высота резервуара – 11 940 мм.
- Диаметр резервуара – 47400 мм.
- Режим работы – прием-откачка.
- Максимальная высота взлива (согласно технологической карты) – 10440 мм.
- Вид продукта – нефть.
- Данные о металле – (согласно техническому паспорту на резервуар) приведены в технологическом паспорте.

Лабораторная работа включает два раздела:

1. Определение максимальной осадки основания наружного контура днища резервуара.
2. Измерение отклонений от вертикали образующих стенки стального резервуара.

Выполнение лабораторной работы позволит освоить обработку геодезических измерений по определению геометрических размеров резервуаров при приёмке их в эксплуатацию.

Результаты измерений, приведённые в табл. 1.1 и 2.1 являются учебными и никакого отношения к реальному резервуару, информация о котором приведена выше, не имеют. Данная лабораторная работа является учебной.

1. Определение максимальной осадки основания наружного контура днища резервуара

1.1. Исходные данные

Нивелирование окراек днища резервуара выполнено геометрическим методом нивелиром 2Н-3Л и нивелирной рейкой РН-3-3000СПУ1 в 27 точках, расположенных в местах соединения окраек с вертикальными швами первого пояса. Нумерация точек нивелирования нанесена на стенку резервуара, совпадает с нумерацией вертикальных сварных швов и ведётся от монтажного шва № 1 (ближайшего к шахтной лестнице) по часовой стрелке. Нивелирование окраек днища проведено относительно репера Вр-П, расположенного в фундаменте мачты молниеотвода.

Для высотной привязки обследуемого резервуара к реперу Вр-П выполняется замкнутый нивелирный ход через некоторую точку нивелирования окрайки днища резервуара (нивелирование выполнено методом из середины с трёх станций) (рис. 1.1). Эту точку, для которой в результате обработки результатов замкнутого нивелирного хода определяют абсолютную отметку, называют *рабочим репером*. На рис. 1.1 рабочим репером является точка №5 окрайки днища резервуара, имеющего всего 12 точек.

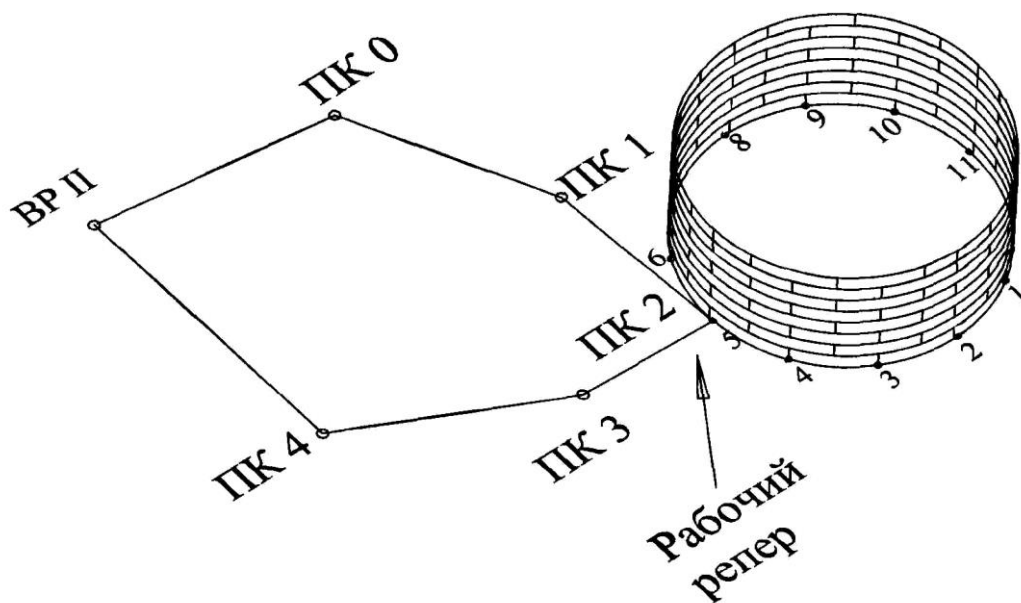


Рис. 1.1. Пример схемы замкнутого нивелирного хода через одну точку №5 окрайки днища резервуара

Нивелирование 27 точек крайки дна резервуара выполнено также с 3-х станций методом «из середины»² через рабочий репер. Для примера на рис. 1.2 показано нивелирование 12 точек крайки дна резервуара с трёх станций через рабочий репер.

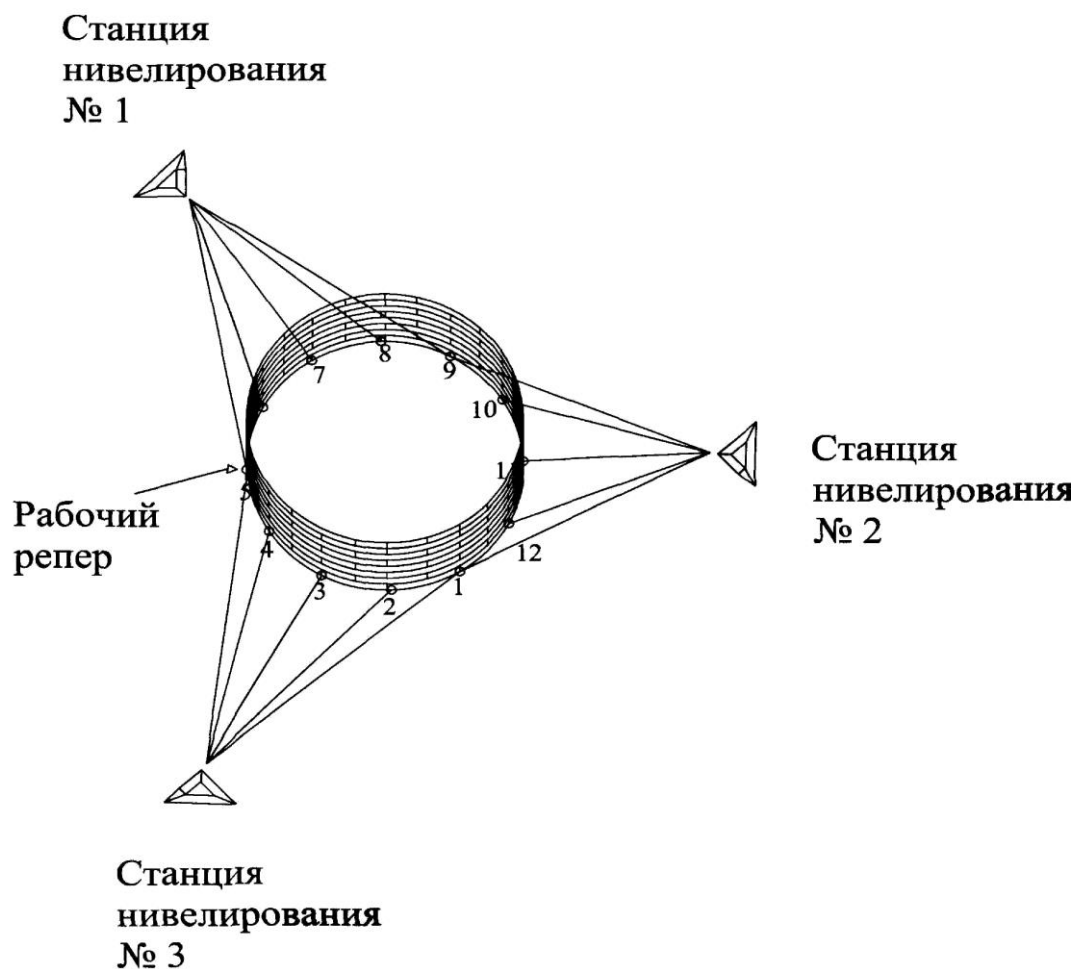


Рис. 1.2. Нивелирование 12 точек крайки дна резервуара с трёх станций через рабочий репер – точку №5

Допустимые отклонения крайков дна в соответствии с требованиями нормативных документов представлены в Приложении 2.

Результаты нивелирования оформляются актом гидравлического испытания резервуара (ПБ 03-605-03, Приложение 3).

² При нивелировании из середины нивелир необязательно должен находиться в створе линии.

1.2. Задание

- Начертите в масштабе 1:2000 исполнительную схему (рис. 1.3) нивелирования наружного контура резервуара через рабочий репер в соответствии с исходными данными для вашего варианта (табл.

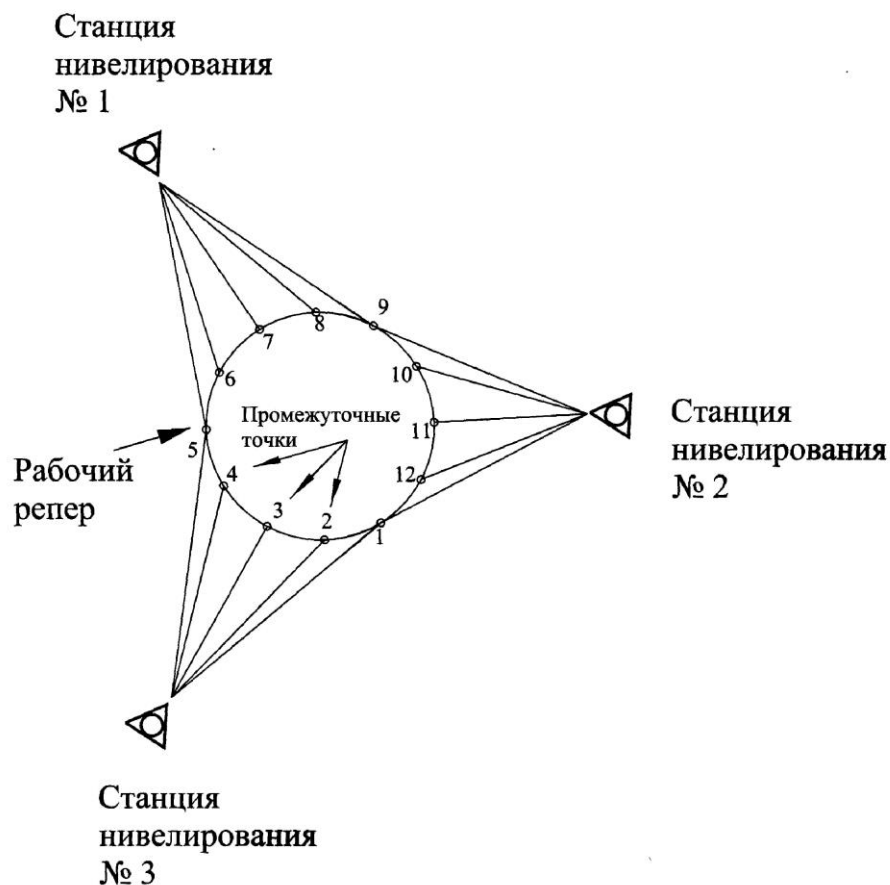


Рис. 1.3. Пример исполнительной схемы нивелирования наружного контура резервуара через точку №5 окрайки днища

- Согласно исполнительной схемы внесите исходные данные в табл. 1.2: в графу 2 – номера пикетов и промежуточных точек, начиная с рабочего репера; в графу 10 – отметку $H_{\text{абс}}$ рабочего репера, взятую из табл. 1.1 (замкнутый ход). Отсчёты по рейкам одинаковы для всех вариантов.
- Обработайте журнал регистрации нивелирных отметок окрайки днища по достижении максимального уровня налива резервуара (табл. 1.2) – вычислите абсолютные отметки точек нивелирования относительно рабочего репера. Абсолютные отметки промежуточных точек рассчитайте через горизонт инструмента. Длину хо-

да нивелирования рассчитайте в соответствии с табл. 1.1. Значения рассчитываемых величин округлите до целых миллиметров. Порядок обработки журнала регистрации нивелирных отметок приведён в Приложении 4.

- По результатам обработки журнала регистрации нивелирных отметок заполните табл. 1.3. В графе 3 отклонение между горизонталями определите как разницу между абсолютной отметкой каждой точки нивелирования и наибольшей рассчитанной отметкой контура днища, принятой за нулевую. При расчёте графы 5 табл. 1.3 необходимо учитывать знак отклонения.
- Постройте график отклонения точек нивелирования резервуара от горизонтали – нулевой отметки (рис. 1.3). График постройте в удобном масштабе. При этом на горизонтальной оси отложите номера точек нивелирования. Вертикальная ось соответствует отклонению от горизонтали каждой точки нивелирования. Нанесите линию допустимых отклонений при вводе резервуара в эксплуатацию (Приложение 2).
- На основании рис. 1.4 сделайте выводы об осадке основания после испытания резервуара водой.

1.3. Отчёт по разделу 1 содержит следующие части:

- исходные данные варианта;
- обработанные табл. 1.2, 1.3;
- рис. 1.3, 1.4;
- заключение, содержащее выводы об осадке днища резервуара по результатам нивелирования окрайки.

Таблица 1.1

Варианты задания

Варианты	Номер рабочего репера резервуара	Высотная отметка рабочего репера, мм	Расстояние между станциями и пикетами	Пикетные точки (станция 1/ станция 2/ станция 3)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	ПК 7	71717	45	7,16/16,25/25,7
2	ПК 2	71729	50	2,11/11,20/20,2
3	ПК 5	71732	40	5,14/14,23/23,5
4	ПК 4	71735	45	4,13/13,22/22,4
5	ПК 16	71742	50	16,25/25,7/7,16
6	ПК 12	71746	40	12,21/21,13/13,12
1	ПК 10	71752	45	10,19/19,1/1,10
8	ПК 6	71764	50	6,15/15,24/24,6
9	ПК 1	71769	40	1,10/10,19/19,1
10	ПК 3	71772	45	3,12/12,21/21,3
11	ПК 11	71779	50	11,20/20,2/2,11
12	ПК 14	71783	40	14,23/23,5/5,14
13	ПК 16	71786	45	16,25/25,7/7,16
14	ПК 8	71793	50	8,17/17,26/26,8
15	ПК 9	71799	40	9,18/18,27/27,9

Таблица 1.2

Журнал регистрации нивелирных отметок по достижении максимального уровня налива (пример, рабочий репер – ПК 1)

№ станции	№ пикетов и промежуточных точек	Отсчёты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, мм	Отметки $H_{абс}$, мм
		задняя <i>a</i>	передняя <i>b</i>	промежуточная <i>c</i>	наблюдаемые	средние	исправленные		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
1	ПК1	2512							
		7125							
	2			2508					
	3			2511					
	4			2510					
	5			2512					
	6			2513					
	7			2513					
	8			2511					
	9			2509					
	ПК10		2500						
			7111						
2	ПК10	0555							
		5319							
	11			0557					
	12			0556					
	13			0531					
	14			0533					
	15			0528					
	16			0529					
	17			0539					
	18			0539					
	ПК19		0550						
			5311						
3	ПК19	1307							
		6073							
	20			1297					
	21			1301					

Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	22			1302					
	23			1291					
	24			1298					
	25			1319					
	26			1317					
	27			1316					
	ПК1		1316						
			6084						
Общий конт- роль	$\Sigma a =$		$\Sigma h =$		$\Sigma h_{cp} =$		$\Sigma h =$		
	$\Sigma b =$		$\frac{1}{2} \Sigma h =$						
	$\frac{1}{2}(\Sigma a - \Sigma b) =$								
		$\Sigma h_T = H_K - H_H =$							
		$fh = \Sigma h_{cp} - \Sigma h_T =$				$\delta h = -fh/n$			
		$fh_{доп} = 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L, \text{ км}}$							

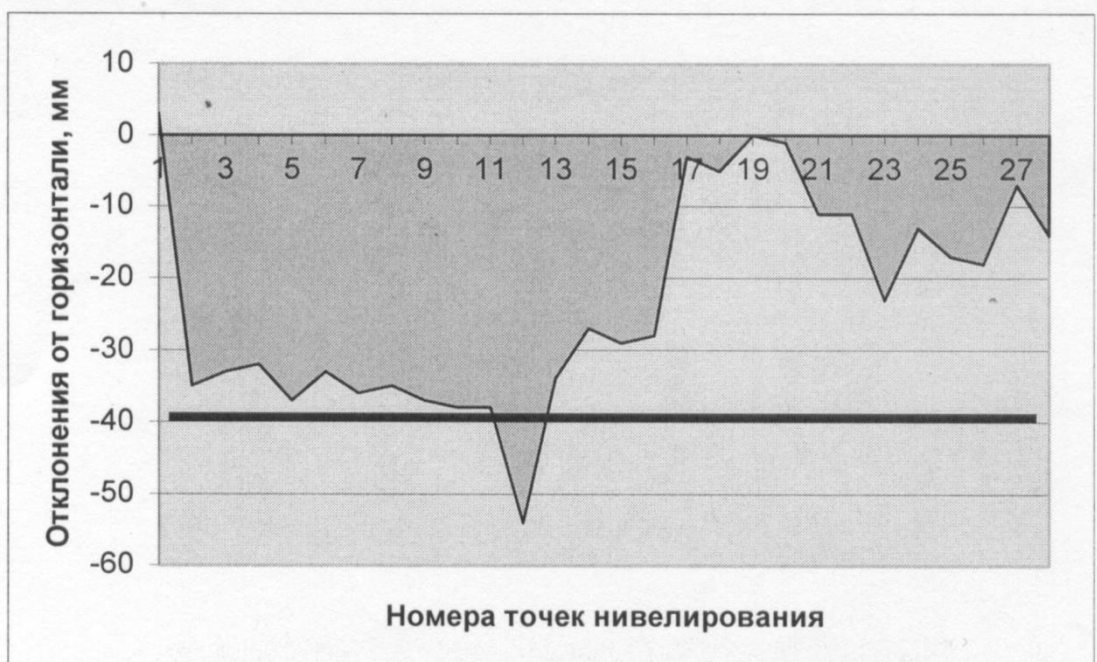


Рис. 1.4. График отклонения от горизонтали наружного контура днища резервуара (Пример)

Таблица 1.3

Результаты обследования краев дна резервуара
при максимальном уровне налива

№ точки нивелиро- вания	Абсолют- ная отмет- ка, мм	Отклонение от горизон- тали, мм	Разница между соседни- ми точками, мм	
			номера соседних точек	величина отклонения, мм
1	2	3	4	5
1			1-2	
2			2-3	
3			3-4	
4			4-5	
5			5-6	
6			6-7	
7			7-8	
8			8-9	
9			9-10	
10			10-11	
11			11-12	
12			12-13	
13			13-14	
14			14-15	
15			15-16	
16			16-17	
17			17-18	
18			18-19	
19			19-20	
20			20-21	
21			21-22	
22			22-23	
23			23-24	
24			24-25	
25			25-26	
26			26-27	
27			27-1	

2. Измерение отклонений образующих стенки стального резервуара от вертикали

2.1. Исходные данные и пояснения к измерению отклонений

Измерение отклонений образующих от вертикали проведено после монтажа конструкций резервуара.

Для измерения отклонений от вертикали стального вертикального резервуара выполнены угловые измерения теодолитом 2Т30П. Они проводились по 27-ми образующим поверхности стенки (вертикальным сварным швам) по всей высоте резервуара, в точках пересечения образующей и горизонтального шва каждого пояса. Нумерация образующих соответствует нумерации точек нивелирования окрестности днища.

При геодезическом обследовании стальных вертикальных резервуаров производят угловые измерения проекций образующих стенки резервуара на горизонтальную плоскость (рис. 2.1). Для этого теодолит устанавливают на расстоянии 30 – 50 м от резервуара в точке, являющейся касательной к точке нивелирования (рис. 2.2).

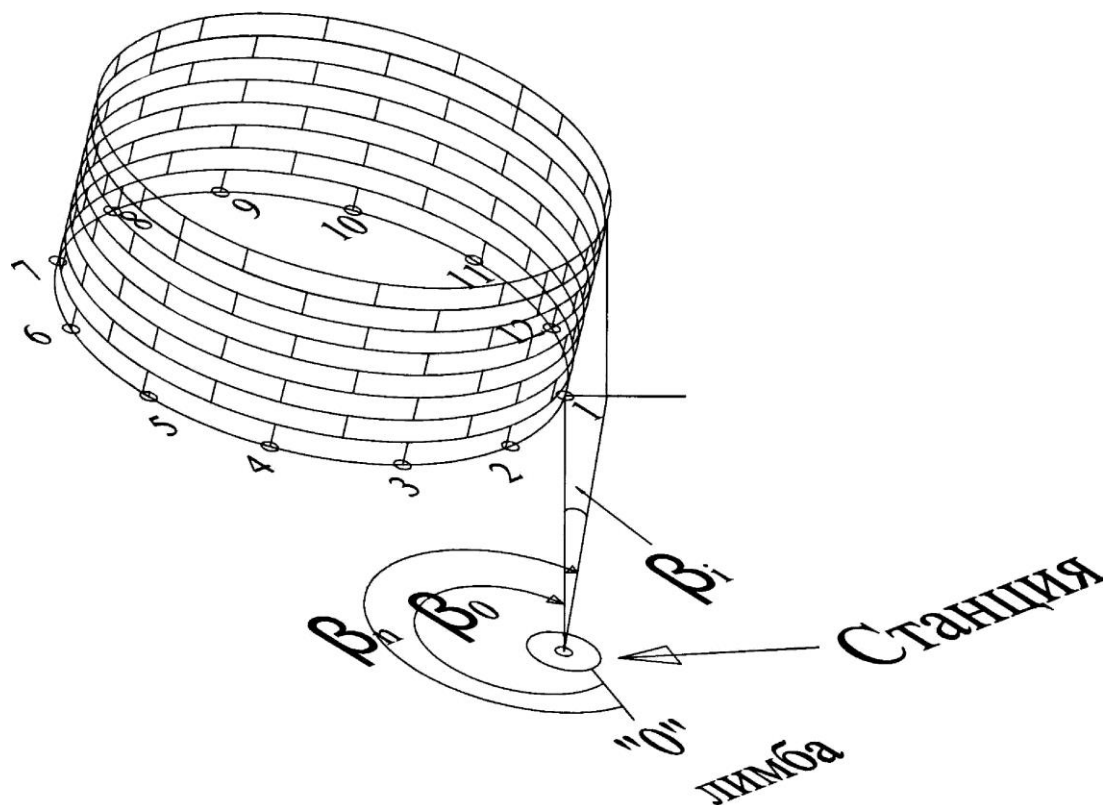


Рис. 2.1. Измерение горизонтальных смещений образующей стенки резервуара – вид спереди

Последовательно визируют на точки пересечения образующей с горизонтальными швами (1, 2, 3 ...), начиная с уторного (рис. 2.3). В конце измерений ещё раз наводят на первую точку для контроля. Значения углов вычисляют относительно первого, принимая первое за нулевое:

$$\beta_i = \beta_n - \beta_0. \quad (1)$$

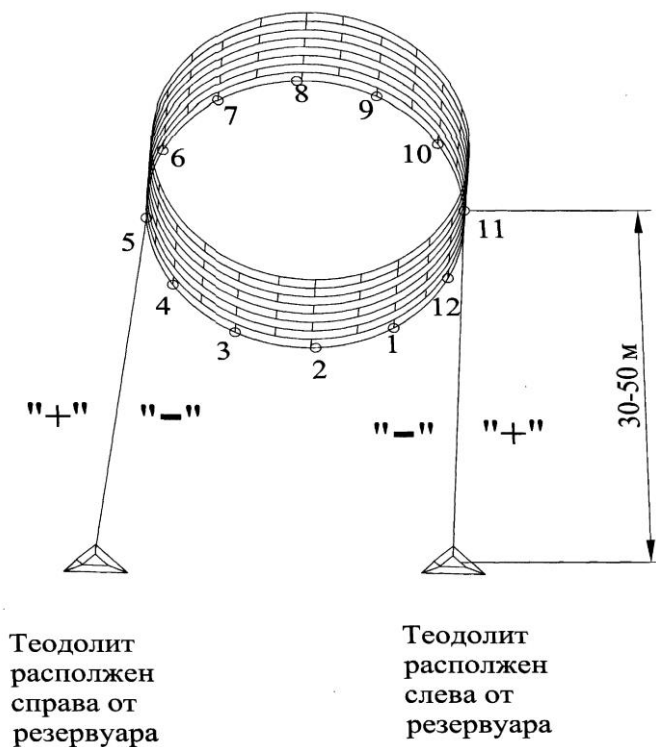


Рис. 2.2. Пример исполнительной схемы при определении геометрической формы резервуара

Формула 1 справедлива при положении теодолита слева от резервуара. При положении теодолита справа от резервуара:

$$\beta_i = \beta_0 - \beta_n. \quad (2)$$

Вычисление отклонений образующих стенки резервуара Δ_i от вертикали, с учетом знака, производят по формуле:

$$\Delta_i = \frac{\beta_i''}{\rho''} \cdot D, \quad (3)$$

где: $\rho'' = 206265$ – постоянная; β_i'' – угловое смещение в секундах относительно утора; D – дальность от теодолита до образующей в миллиметрах.

Предельные отклонения от вертикали образующих стенки резервуаров приведены в Приложении 2.

2.2. Задание

- Для образующих вертикальной стенки резервуара вычислите горизонтальные углы³.

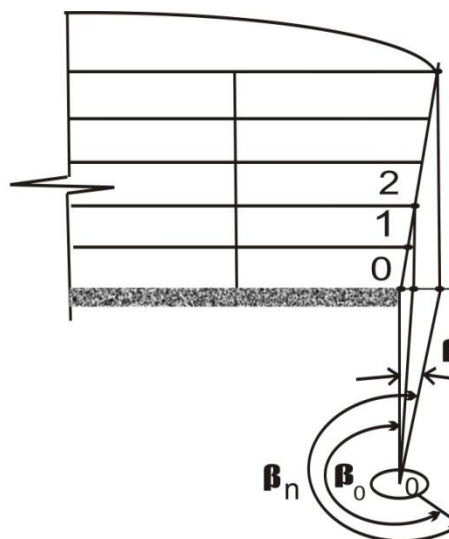


Рис. 2.3. Схема измерения горизонтальных смещений образующей стенки резервуара

Результаты занесите в графу 5 табл. 2.1. Отсчёты на уторный шов (точку визирования № 0) для образующих 1 – 27 по вариантам рассчитайте соответственно табл. 2.2 (n в табл. – номер студента по списку в журнале).

- Вычислите отклонения образующих стенки резервуара от вертикали по формуле 3. Рассчитанные величины округлите до целых миллиметров. Результаты занесите в графу 6 табл. 2.1.

- Значение D в формуле 3 примите 30 м.
- По результатам вычислений заполните табл. 2.3. Данные для графы «Предельные отклонения» возьмите в соответствии с требованиями ПБ 03-605-03 (Приложение 2).
- На основании табл. 2.5 постройте график отклонений образующей вертикальной стенки резервуара, соответствующей номеру выполняемого варианта (например, для варианта 2 – график второй образующей). Пример графика приведён на рис. 2.4.
- Постройте горизонтальную проекцию отклонения от вертикали верхнего пояса корпуса резервуара. Пример приведён на рис. 2.5.
- Выберите образующие с наибольшими отклонениями (20 % от общего числа) для повторного контроля их вертикальности после слива воды.
- Основываясь на предельно допустимых отклонениях размеров и формы смонтированного резервуара (Приложение 2) сделайте выводы об отклонениях вертикальной образующей стенки резервуара.

³ Примечание: в отсчёте по горизонтальному кругу градусы одинаковы для всех вариантов, а минуты рассчитайте и впишите согласно табл. 2.2.

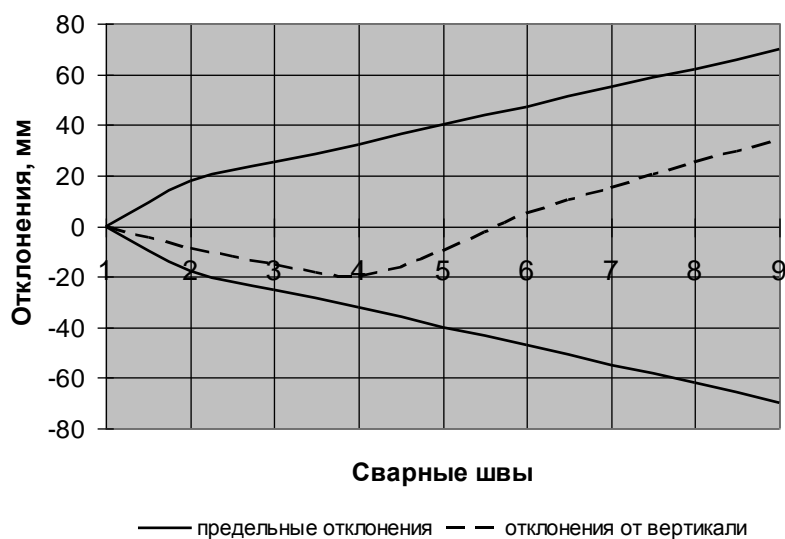


Рис. 2.4. Отклонение от вертикали образующей № 2 (Пример)

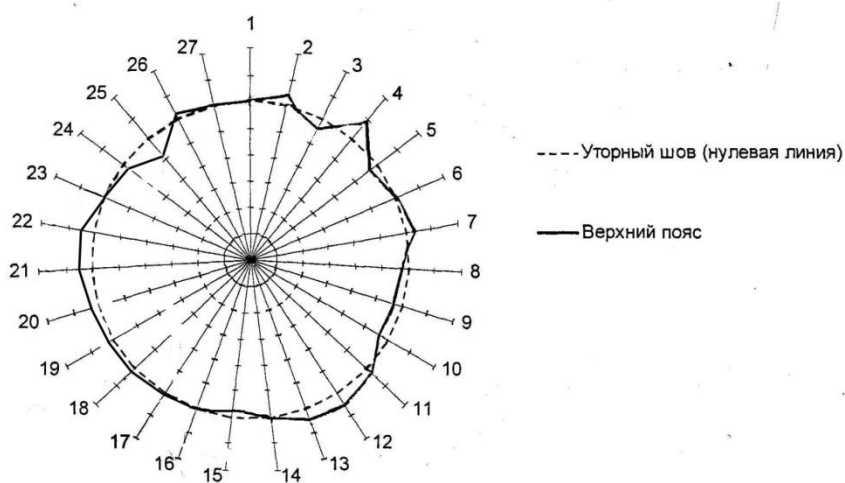


Рис. 2.5. Горизонтальная проекция отклонений от вертикали верхнего пояса корпуса резервуара (1 - 27 – номера образующих) (Пример)

2.3. Отчёт по разделу 2 содержит следующие части:

- исходные данные;
- обработанные табл. 2.1, 2.3;
- рис. 2.4, 2.5;
- заключение, содержащее выводы об отклонении вертикальных образующих стенки резервуара и №№ образующих для повторного контроля после слива воды.

Таблица 2.1.

Ведомость измерения горизонтальных углов
после монтажа конструкций резервуара

№ образующей резервуара	№№ станций	№№ точек визирования (номер пояса резервуара)	Отсчёты по горизонтальному угломерному кругу* , ° , '	Угловое смещение относительно утора, "	Отклонения образующей от вертикали, мм	Положение теодолита относительно резервуара
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	1	0	320° '	—	—	слева
		1	320° 27,5'	"		
		2	320°30'	"		
		3	320°32,5'	"		
		4	320° 35,5'	"		
		5	320°35,5'	"		
		6	320°32,5'	"		
		7	320°27,5'	"		
		8	320°25'	"		
2	2	0	117° '	—	—	справа
		1	117°14'	"		
		2	117°12,5'	"		
		3	117°14,5'	"		
		4	117°15'	"		
		5	117°17,5'	"		
		6	117°17,5'	"		
		7	117°17'	"		
		8	117°17'	"		
3	3	0	125° '	—	—	справа
		1	125°07,5'	"		
		2	125°05'	"		
		3	125°05'	"		
		4	125°04'	"		
		5	125°04'	"		
		6	125°03'	"		
		7	125°00'	"		
		8	124°57,5'	"		
4	4	0	275° '	—	—	справа
		1	275°01'	"		
		2	275°01'	"		
		3	275°01'	"		
		4	275°02'	"		
		5	275°03,5'	"		
		6	275°04,5'	"		

Продолжение табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7
		7	275°05'	"		
		8	275°05,5'	"		
5	5	0	183° '	—	—	
		1	183°30,5'	"		справа
		2	183°30'	"		
		3	183°30'	"		
		4	183°29'	"		
		5	183°29'	"		
		6	183°29'	"		
		7	183°29'	"		
		8	183°27,5'	"		
6	6	0	324° '	—	—	
		1	324°15'	"		справа
		2	324°14'	"		
		3	324°15'	"		
		4	324 °15'	"		
		5	324°15'	"		
		6	324°15,5'	"		
		7	324°16'	"		
		8	324°15'	"		
7	7	0	294° '	—	—	
		1	294° 34'	"		справа
		2	294°33'	"		
		3	294°32,5'	"		
		4	294°33'	"		
		5	294°34'	"		
		6	294°35,5'	"		
		7	294°35'	"		
		8	294°35,5'	"		
8	8	0	125° '	—	—	
		1	125°07'	"		справа
		2	125°04'	"		
		3	125°04,5'	"		
		4	125°04,5'	"		
		5	125°05,5'	"		
		6	125°05,5'	"		
		7	125°03,5'	"		
		8	125°03,5'	"		
9	9	0	0° '	—	—	
		1	0° 30'	"		слева
		2	0°30'	"		
		3	0°30,5'	"		
		4	0°29,5'	"		

Продолжение табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7
		5	0°26,5'	"		
		6	0°28'	"		
		7	0°24'	"		
		8	0°23'	"		
10	10	0	22° '	—	—	слева
		1	22°20'	"		
		2	22°22'	"		
		3	22°27,5'	"		
		4	22°29,5'	"		
		5	22°25,5'	"		
		6	22°20'	"		
		7	22°17,5'	"		
		8	22°16'	"		
11	11	0	178° '	—	—	слева
		1	178° 14,5'	"		
		2	178°13,5'	"		
		3	178°13,5'	"		
		4	178°13,5'	"		
		5	178°13,5'	"		
		6	178°13,5'	"		
		7	178°14'	"		
		8	178°16'	"		
12	12	0	311° '	—	—	справа
		1	311° 15,5'	"		
		2	311°16,5'	"		
		3	311°17,5'	"		
		4	311°20'	"		
		5	311°21'	"		
		6	311°21,5'	"		
		7	311°18,5'	"		
		8	311°20'	"		
13	13	0	246° '	—	—	справа
		1	246° 10,5'	"		
		2	246°12'	"		
		3	246°12'	"		
		4	246°12'	"		
		5	246°13'	"		
		6	246°14'	"		
		7	246°12'	"		
		8	246°13'	"		
14	14	0	7° '	—	—	справа
		1	7° 11'	"		
		2	7°11,5'	"		

1	2	3	4	5	6	7
		3	7°12,5'	"		
		4	7°11'	"		
		5	7°12'	"		
		6	7°12,5'	"		
		7	7°11'	"		
		7	7°10'	"		
15	15	0	75° '	—	—	слева
		1	75° 14'	"		
		2	75°15'	"		
		3	75°15,5'	"		
		4	75°15,5'	"		
		5	75°16,5'	"		
		6	75°16'	"		
		7	75°15'	"		
		8	75°15,5'			
16	16	0	157° '	—	—	справа
		1	157° 03,5'	"		
		2	157°02,5'	"		
		3	156°49,5'	"		
		4	156°00,5'	"		
		5	156°56'	"		
		6	156°54,5'	"		
		7	156°51'	"		
		8	156°49,5'	"		
17	17	0	125° '	—	—	справа
		1	125°20,5'	"		
		2	125°22'	"		
		3	125°24,5'	"		
		4	125°25'	"		
		5	125°27,5'	"		
		6	125 ° 29,5'	"		
		7	125°29,5'	"		
		8	125°25,5'	"		
18	18	0	214° '	—	—	справа
		1	214° 08,5'	"		
		2	214°10'	"		
		3	214°12,5'	"		
		4	214°14,5'	"		
		5	214°16,5'	"		
		6	214°17,5'	"		
		7	214°17,5'	"		
		8	214°15'	"		

Продолжение табл. 2.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
19	19	0	104° '	—		справа
		1	104° 01'	"		
		2	104°01'	"		
		3	104°01'	"		
		4	104°0,5'	"		
		5	104°7,5'	"		
		6	104°14,5'	"		
		7	104°22,5'	"		
		8	104°20,5'	"		
20		1	35° '	—	—	справа
		2	35°06'	"		
		3	35°02'	"		
		4	35°09,5'	"		
		5	35°10,5'	"		
		6	35°19'	"		
		7	35°25'	"		
		8	35°30'	"		
		9	35°30,5'	"		
21	21	0	53° '	—	—	справа
		1	53°12,5'	"		
		2	53°13'	"		
		3	53°13'	"		
		4	53°12,5'	"		
		5	53°11'	"		
		6	53°10,5'	"		
		7	53°11'	"		
		8	53°13'	"		
22	22	0	72° '	—	—	справа
		1	72°19'	"		
		2	72°17,5'	"		
		3	72°14'	"		
		4	72°12,5'	"		
		5	72°10'	"		
		6	72°06'	"		
		7	72°05,5'	"		
		8	72°05'	"		
23	23	0	104° '	—	—	справа
		1	103° 59'	"		
		2	103°58'	"		
		3	103°55'	"		
		4	103°52'	"		

Продолжение табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7
		5	103°47,5'	"		
		6	103°45'	"		
		7	103°40'	"		
		8	103°37,5'	"		
24	24	0	204° '	—		спра- ва
		1	204° 21'	"		
		2	204°24,5'	"		
		3	204°27,5'	"		
		4	204°25,5'	"		
		5	204°27,5'	"		
		6	204°32,5'	"		
		7	204°35 '	"		
		8	204°35'	"		
25	25	0	340° '	—	—	справа
		1	340° 02,5'	"		
		2	340°03,5'	"		
		3	340°03,5'	"		
		4	340°05'	"		
		5	340°05,5'	"		
		6	340°07,5'	"		
		7	340°10'	"		
		8	340°12,5'	"		
26	26	0	356° '	—	—	справа
		1	356° 05'	"		
		2	356°06'	"		
		3	356°06,5'	"		
		4	356°06'	"		
		5	356°05,5'	"		
		6	356°05'	"		
		7	356°06'	"		
		8	356°02,5'	"		
27	27	0	158° '	—	—	справа
		1	158° 07,5'	"		
		2	158°03'	"		
		3	158°00,5'	"		
		4	158°03'	"		
		5	158°05'	"		
		6	158°05,5'	"		
		7	158°07'	"		
		8	158°00'	"		

Таблица 2.2

Варианты задания при расчёте отклонений от вертикали стенки резервуара

№ образующей	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Отсчёт на уторный шов	320°23'+0,5n'	117°12'+0,5n'	125°05,5'+0,5n'	275°00'+0,5n'-2'	183°28'+0,5n'	324°12'+0,5n'	294°30,5'+0,5n'	125°04,5'+0,5n'	00°24,5'+0,5n'
№ образующей	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Отсчёт на уторный шов	22°15,5'+0,5n'	178°10'+0,5n'	311°13'+0,5n'	246°08'+0,5n'	7°08'+0,5n'	75°10'+0,5n'	157°03'+0,5n'	125°18'+0,5n'	214°06'+0,5n'
№ образующей	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Отсчёт на уторный шов	104°01'+0,5n'	35°08'+0,5n'	53°13'+0,5n'	72°18'+0,5n'	103°58'+0,5n'	204°18'+0,5n'	340°01'+0,5n'	356°03'+0,5n'	158°08'+0,5n'

Таблица 2.3

Отклонения образующей стенки резервуара перед гидравлическим испытанием

Но- мер по- яса	Номер образующей									Пре- дель- ные откло- нения, мм
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Отклонения образующей от вертикали, мм									
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
Но- мер по- яса	Номер образующей									Пре- дель- ные откло- нения, мм
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	Отклонения образующей от вертикали, мм									
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
Но- мер по- яса	Номер образующей									Пре- дель- ные откло- нения, мм
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
	Отклонения образующей от вертикали, мм									
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

Приложение 1

ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ РЕЗЕРВУАРОВ (РД-16.01-60.30.00-КТН-063-1-05)

3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕ- ЗЕРВУАРОВ

3.2.11 Геодезические измерения

3.2.11.1 Геодезические измерения проводятся для определения отклонений геометрических параметров конструкций резервуара от номинальных и выполняются в соответствии с ТД 23.115-96.

3.2.11.2 Для проведения геодезических измерений применяются следующие приборы:

- теодолит - технический теодолит со средне квадратичной погрешностью измерения угла одним приемом 30" и менее;
- измерительная каретка.

3.2.11.3 При измерениях геометрических параметров резервуара определяются отклонения образующей стенки от вертикали и размеры местных деформаций (хлопунов стенки).

3.2.11.4 Для выполнения работ по измерению отклонений геометрических параметров резервуара от номинальных на внешней поверхности стенки резервуара несмываемой краской необходимо нанести на стенку номера вертикальных стыков листов нижнего пояса. Стыки нумеруются по часовой стрелке, начиная от приемо-раздаточных патрубков. Эта разметка используется для привязки результатов измерений к резервуару. В случае, если длина листов превышает 6 м, то разметка производится по сварным швам и в середине листа.

3.2.11.5 Измерения следует производить для каждого пояса на расстоянии до 50 мм от верхнего горизонтального шва не более чем через 6 м по вертикалям, расположенным в местах разметки согласно п. 3.2.11.4.

3.2.11.6 При обследовании обвалования определяются его состояние и измеряются геометрические характеристики. При обследовании ливневой канализации определяется ее состояние и измеряется разность отметок у сифонных кранов и на выходе из резервуарного парка.

3.2.12 Нивелирование

3.2.12.1 При нивелировании производится измерение отклонений геометрических параметров днища резервуара от номинальных и определяются размеры местных деформаций (хлопунов).

3.2.12.2 Нивелирование конструкций и элементов РВС (П, ПК) производится в соответствии с ТД 23.115-96.

3.2.12.3 При проведении измерения геометрической формы днища применяются следующие геодезические приборы:

- Нивелир - средняя квадратичная погрешность измерения не должна превышать 3 мм на 1 км двойного нивелирного хода.
- Рейки нивелирные.

3.2.12.4 Нивелирование днища проводится с шагом в 1 метр по двум диаметрально противоположным образующим для определения уклона днища. В зоне визуально наблюдаемых деформаций днища проводится дополнительное нивелирование для измерения вмятин (выпучин) на днище.

3.2.12.5 Нивелирование коробов понтонов и плавающих крыш производится при нахождении крыши (понтон) на опорах с шагом 6 м.

3.2.12.6 Для измерения объема обвалования необходимо измерить при помощи рулетки или поверенного электронного дальномера длину и ширину каре, нивелированием - высоту обвалования.

3.2.12.7 Высотные отметки гребня вала и дна каре определяются нивелированием. Расстояние между соседними точками измерения не должно превышать 20 м. Нивелирование наружного обвалования, каре, внутреннего земляного вала выполняется в абсолютных отметках. В связи с неровностью верхнего гребня обвалования, рейка при измерениях устанавливается в местах, где визуально просматривается минимальная высота обвалования на этом участке.

Приложение 2

Предельно допустимые отклонения размеров и формы смонтированного резервуара (ПБ 03-605-03)

N п/п	Наименование параметров	Предельное отклонение при диаметре резервуара, мм			Контроль (метод, вид регистрации)
		до 12 м	св. 12 м до 25 м	св. 25 м	
1	2	3	4	5	6
1	Днище резервуара				
	1. Высота местных неровностей (хлопунов), при площади неровности до 5 м ²	60	70	80	Измерительный. Геодезическая исполнительная схема
	2. Местные отклонения от проектной формы в зонах радиальных монтажных сварных швов кольца окраек (угловатость)	±3			Измерительный, каждый сварной шов. Исполнительная схема

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6
	4. Отметка наружного контура днища				
	При пустом резервуаре:				Измерительный.
	- разность отметок соседних точек на расстоянии 6 м по периметру	10	15	15	Геодезическая исполнительная схема.
	- разность отметок любых других точек	20	25	30	
	5. При залитом резервуаре:				
	- разность отметок соседних точек на расстоянии 6 м по периметру	20	25	30	
	- разность отметок любых других точек	30	35	40	
2	Стенка				
	1. Внутренний диаметр на уровне 300 мм от днища Измерение в четырех диаметрах под углом 45°	±30	±40	±50	Измерительный. Геодезическая исполнительная схема
	2. Высота стенки: - до 12 м включительно; - св. 12 м до 18 м.		±20 ±30		Измерительный. Геодезическая исполнительная схема
	3. Отклонение от вертикали верха стенки (Нет) Измерение в четырех диаметрах под углом 45°		1/200 Н _{ст}		Измерительный. Геодезическая исполнительная схема
	4. Отклонение по вертикали образующих на высоте каждого пояса (Н _п)		± 1/200 Н _п + 10		Измерительный. Геодезическая исполнительная схема
	5. Измерения через каждые 6 м по всему периметру стенки. Измерения производить в пределах 50 мм ниже горизонтальных швов				
	Примечания:				

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6
	1. Отклонения должны удовлетворять 75% производимых замеров по образующим. Для остальных 25% замеров допускаются предельные отклонения на 30% больше с учетом их местного характера. При этом зазор между стенкой резервуара и понтонов (плавающей крышей) должен находиться в пределах, обеспечиваемых конструкцией уплотняющего затвора				
	2. Не допускается наличие предельных отклонений разных знаков на уровне одного пояса для двух смежных, образующих стенки по всей высоте				
	6. Местные отклонения от проектной формы (на длине 1 м):				
	- листов толщиной до 6 мм		± 16		Измерительный.
	- св. 6 мм до 12 мм		±14		Геодезическая исполнительная схема
	- св.12 мм		± 12		
	Измерения производить вертикальной рейкой и горизонтальным шаблоном, выполненным по проектному радиусу стенки				
	7. Местные отклонения от проектной формы в зонах каждый сварной монтажных сварных швов (угловатость)	В соответствии с требованиями проекта КМ			Измерительный, каждый сварной шов. Исполнительная схема
3	<u>Стационарная крыша</u> Разность отметок смежных узлов верха радиальных балок и ферм на опорах		20		Измерительный. Геодезическая исполнительная схема

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6
4	<u>Понтоны или плавающая крыша</u> 1. Отметки верхней кромки наружного кольцевого листа:				Измерительный. Геодезическая исполнительная схема
	- разность отметок соседних точек на расстоянии 6 м по периметру		30		
	- разность отметок любых других точек		40		
	2. Отклонение наружного кольцевого листа от вертикали на высоту листа. Измерения производить через каждые 6 м по периметру		± 10		Измерительный. Исполнительная схема
	3. Отклонение направляющих от вертикали на всю высоту направляющих $H_{\text{н}}$ мм. В радиальном и тангенциальном направлениях.		$1/1000 H_{\text{н}}$		Измерительный, каждая направляющая. Исполнительная схема
	4. Зазор между верхней кромкой наружного кольцевого листа и стенкой резервуара Измерения производить через каждые 6 м по периметру (положение понтона на днище)		10		Измерительный. Исполнительная схема
	5. Зазор между направляющей и патрубком в понтоне или коробке плавающей крыши (положение понтона на днище)		15		Измерительный, каждая направляющая. Исполнительная схема
	6. Отклонение опорных стоек от вертикали при опирании на них понтона или плавающей крыши		30		Измерительный, каждая стойка. Исполнительная схема

Приложение 3

(образец)

ФОРМА АКТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ РЕЗЕРВУАРА

АКТ гидравлического испытания резервуара "___" _____ 200__ г.

Вместимость резервуара _____ м³. Номер резервуара _____

Наименование объекта _____

Мы, нижеподписавшиеся, представители:

Заказчика _____
(наименование, Ф.И.О. представителя, должность)

Исполнителя _____
(наименование, Ф.И.О. представителя, должность)

Монтажной организации _____
(наименование, Ф.И.О. представителя, долж-
ность)

составили настоящий акт о том, что в период времени:

с ___ ч "___" _____ 200__ г.

по ___ 2 "___" _____ 200__ г.

резервуар был залит водой на высоту ___ м и выдержан под испытательной нагрузкой в течение ___ часов, после чего произведен слив воды.

Контроль резервуара в процессе испытания, проведенные обмер и осмотр после слива воды показали следующее:

1. Во время выдержки под испытательной нагрузкой на поверхности стенки,

—,

по краям днища не обнаружено течи, уровень воды не снижался.
(понтон, плавающей крыши)

2. Максимальная осадка резервуара составила _____ мм.

3. Максимальное отклонение образующих стенки от вертикали составило _____ мм (см. приложение 2).

4. Предельные зазоры между _____ и стенкой резервуара
(понтон, плавающей крыши)

составили: максимальный _____ мм;

минимальный _____ мм.

На основании вышеуказанных результатов резервуар признан выдержавшим гидравлическое испытание.

Приложения.

1. Схема осадки резервуара по фиксированным точкам периметра днища (отметки фиксированных точек определяются нивелированием: перед заливом резервуара водой; по достижении максимального уровня налива; по окончании выдержки при максимальном уровне налива; после слива воды).

2. Схема отклонений образующих стенки от вертикали после слива воды (замеры производятся для 20% образующих с наибольшими отклонениями по результатам контроля качества смонтированных конструкций резервуара).

3. Схема и таблица зазоров между _____ и стенкой резервуара, а
(понтон, плавающей крыши)

также между направляющими и патрубками в _____
(понтоне, плавающей крыше)

ПОДПИСИ:

_____ (подпись, Ф.И.О., дата)

_____ (подпись, Ф.И.О., дата)

_____ (подпись, Ф.И.О., дата)

Приложение 4

Обработка результатов нивелирования

- Определите наблюдаемые превышения по чёрной и красной сторонам реек:

$$\begin{aligned}h_{\text{ч}} &= a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}}, \\h_{\text{к}} &= a_{\text{к}} - b_{\text{к}}.\end{aligned}$$

Вычисленные значения $h_{\text{ч}}$ и $h_{\text{к}}$ запишите в столбик 6 табл. 1.2. Расхождение между превышениями, определёнными по чёрной и красной сторонам реек, допускается в пределах ± 5 мм. Если это условие выполняется, найдите среднее превышение $h_{\text{ср}}$ на каждой станции нивелирования (в рассматриваемой работе нивелирование выполнено с трёх станций), округлите его до целых мм и запишите в столбик 7 табл. 1.2:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{ч}} + h_{\text{к}}}{2}.$$

Округление производят до ближайшего целого чётного числа мм по правилу Гаусса, например:

$$6065,5 \text{ мм} \cong 6066 \text{ мм}; \quad 6064,5 \text{ мм} \cong 6064 \text{ мм}.$$

- Для проверки правильности вычислений в журнале выполните постраничный контроль. Для этого в конце страницы просуммируйте все числа колонок 3, 4, 6, 7, учитывая знак превышения. Результаты впишите внизу соответствующих столбиков. Должно соблюдаться следующее равенство

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \frac{\sum h}{2} = \sum h_{\text{ср}}.$$

При расчётах может получиться расхождение 1-2 мм за счёт округления средних значений. Им можно пренебречь, так как оно меньше, чем погрешность отсчёта по рейке.

- Теоретическую сумму превышений вычислите по формуле

$$\sum h_{\text{т}} = H_{\text{Рп2}} - H_{\text{Рп1}}$$

и запишите в строке общего контроля.

Определите фактическую невязку $f_{\text{н}}$ в ходе по формуле:

$$fh_{\phi} = \sum h_{\text{ср}} - \sum h_{\text{т}}.$$

Она не должна быть больше величины

$$fh_{\text{доп}} = \pm 50 \text{ мм } \sqrt{L, \text{ км}}.^4$$

▪ Если условие $fh_{\text{доп}} \geq fh_{\phi}$ выполняется, то вычисленные средние превышения исправьте поправками, вычисленными по формуле:

$$\delta h = \frac{-fh}{n},$$

где n – число станций хода.

Поправки имеют знак, обратный знаку невязки, их округлите до целых мм. Если невязка мала, то некоторые средние превышения останутся без поправки. Перед распределением невязки необходимо проверить, чтобы сумма всех поправок равнялась невязки, взятой с обратным знаком, т.е.

$$\sum \delta h = -fh.$$

Вычисленные поправки запишите над средними превышениями в столбике 7.

▪ Исправленные средние превышения ($h_{\text{испр}}$) вычислите по формуле

$$h_{\text{испр}} = h_{\text{ср}} + \delta h$$

и запишите в столбик 8 в соответствующие строки.

▪ Вычислите последовательно отметки всех связующих точек хода и запишите в столбик 10:

$$H_{n+1} = H_n + h_{\text{испр}},$$

где H_{n+1} – отметка последующей точки хода, H_n – отметка предыдущей точки хода, $h_{\text{испр}}$ – исправленные средние превышения между этими точками.

▪ Контроль правильности вычислений – получение для конечной точки хода (Рп 2) отметки, равной её исходному значению.

⁴ L – длина нивелирного хода в км

▪ Для вычисления отметок плюсовых (промежуточных) точек на каждой станции сначала вычислите горизонт прибора $H_{гп}$ по формуле и запишите в столбик 9 табл. 1.2:

$$H_{гп} = H_a + a \text{ или } H_{гп} = H_b + b.$$

Эта формула читается так – горизонт прибора равен отметке задней (или передней) точки плюс отсчёт по чёрной стороне рейки, стоявшей на этой точке.

Разность двух вычисленных значений горизонта прибора допускается в пределах 5 мм. Для расчёта отметки плюсовой точки берут одно из них, записывая в столбик 9 журнала в соответствующие строки.

▪ Вычислите отметки промежуточных точек (отметка плюсовой точки равна $H_{гп}$ на данной станции минус отсчёт по рейке, стоявшей на этой точке):

$$H_c = H_{гп} - c.$$

Следует внимательно относиться к вычислениям промежуточных точек, так как их правильность никак не контролируется.

Учебное издание

АНТРОПОВА Наталья Алексеевна
ШАДРИНА Анастасия Викторовна
САРУЕВ Алексей Львович

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по курсу «Геодезическое обеспечение строительства газонефтепрово-
дов и газоекфтехранилищ» для студентов IV курса,
обучающихся по направлению
130500 «Нефтегазовое дело»,
специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Научный редактор
доктор технических наук,
профессор

Л.А. Саруев

Подписано к печати 31.03.2009. Формат 60x84/16. Бумага
«Снегурочка».


Печать RISO. Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,89.

Заказ . Тираж 25 экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO
9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.