

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ ПРОТЕКАНИЯ СОВМЕСТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ОСНОВАНИЯ И КОЛЬЦЕВОГО ФУНДАМЕНТА ДЫМОВОЙ ТРУБЫ

Кущак С.И., Тугаенко Ю.Ф., Марченко М.В., Гайдас О.Л.
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

В статье описана методика исследований совместной работы оснований и кольцевого фундамента дымовой трубы. Приведены результаты многолетних наблюдений деформаций основания сложенного песчано-илистыми грунтами.

Строительство дымовой трубы высотой 120 м для котельной Одесского завода им. Октябрьской революции (ныне котельная ТЭЦ-2) выполнялось в 1978-1981 гг. Проектом был предусмотрен фундамент из буронабивных свай, диаметром 0,6 м, длиной 19 м, с круглым железобетонным ростверком диаметром 20 м. Проведенные статические испытания свай вертикальной вдавливающей нагрузкой показали их низкую несущую способность (530 кН), обусловленную, в основном, силами трения по боковой поверхности в пределах плотных песчаных грунтов (4^а; 4) и низким сопротивлением сжатию по подошве. Вместо свайного, был применен кольцевой фундамент на естественном основании с глубиной заложения подошвы 1,6 м.

Геологическое строение участка по результатам изысканий, выполненных институтом «Гипросельмаш» в 1977 г., представлено морскими и лиманными отложениями

четвертичного периода. Ниже подошвы фундамента залегают следующие инженерно-геологические элементы: 4^а – песок мелкий, глинистый с обломками ракушечника – 5,2 м; 4 – песок пылеватый сильно глинистый, слюдистый с тертой ракушкой – 3,7 м; 5 – супесь слабо-илистая с прослойками песка и запахом сероводорода – 3,2 м; 4 – песок пылеватый, сильно глинистый с запахом сероводорода – 5,1 м; 9 – суглинок слюдистый – 2,3 м; 10 – глина (мощность не установлена). Показатели свойств грунтов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование показателей свойств грунтов	№ слоя				
	4а	4	5	9	10
Плотность частиц грунта, г/см ³	2,67	2,66	2,68	2,7	2,71
Плотность грунта, г/см ³	1,61	1,56	1,81	1,75	1,8
Плотность сухого грунта, г/см ³	1,57	1,52	1,63	1,60	1,71
Показатель текучести	-	-	1,0	0,56	0,5
Угол внутреннего трения, град.	29	26	18	18	16
Удельное сцепление, кПа	1	1	3	13	32
Модуль деформации, МПа	15	8	7	12	13

Показатели слоев 5,9,10 взяты из материалов изысканий Киевского «Промэнергопроекта» без ссылки на адрес их проведения.

По материалам изысканий, выполненных А.П. «Одесскомунпроект» в 1996 г. на смежном участке сахарного завода, примыкающем к территории котельной, геологическое строение характеризуется следующими ИГЭ: до отметки -10...-11, данные изысканий совпадают с приведенными в табл. 1. Показатели грунтов, залегающих глубже, приведены в таблице 2.

Приведенные данные согласуются с инженерно-геологическими условиями участка, на котором возведен зерновой элеватор и Одесская ТЭЦ, расположенные в данном районе.

Уровень подземных вод гидравлически связан с уровнем воды в море. Возможная амплитуда его колебаний $\pm 0,5$ м. К началу строительства его отметка находилась на 0,1 – 0,2 м ниже подошвы фундамента.

Таблица 2.

Название грунта	абсолют. отметка	I_L	ρ_d , г/см ³	E, МПа
Ил супесчаный и суглинистый с прослойками песка, тертой ракушки	- 12	> 1	1,5 – 1,35	5 – 2,5
Глина заиленная	-20	0,27...0,7	1,21	5
Супесь пластичная, с примесью гальки и ракушки	-34,8		1,43	7
Глина темно-серая, твердая	-40,2	< 0	1,44	15

В процессе строительства и эксплуатации дымовой трубы, проведены наблюдения за совместной деформацией её основания и фундамента. Измерения послойных перемещений выполнены с помощью глубинных марок, заложенных под двумя диаметрально противоположными участками фундамента, вдоль оси кольцевой ленты. На каждом участке заложено по пять марок до глубины 15,5 м. Схема их расположения в поперечном сечении и в плане приведена на рис. 1. Глубинная марка состоит из стального конуса, к основанию которого прикреплен жесткий стержень из трубы диаметром 21 мм. Стержень защищен обсадной трубой диаметром 50 мм. В нижнем торце обсадной трубы, вокруг стержня сделаны два сальника (см. рис. 1.4.).

Погружение каждой марки выполнено вибратором массой 200 кг, прикрепленным к верхнему торцу обсадной трубы с опиранием её нижнего торца на основание марки. После достижения маркой проектного положения, полость между стержнем и обсадной трубой заполнена минеральным маслом. К верхнему торцу стержня на резьбе крепились вставка длиной 500 мм с коническим наконечником, после чего обсадная труба поднималась на 400 мм для исключения её контакта с маркой. Реперная балка, соединенная с фундаментом, расположена над марками. Перемещения глубинных марок измерялись штангенглубиномером от реперной балки, высотное положение которой определялось геометрическим нивелированием в каждом цикле наблюдений.

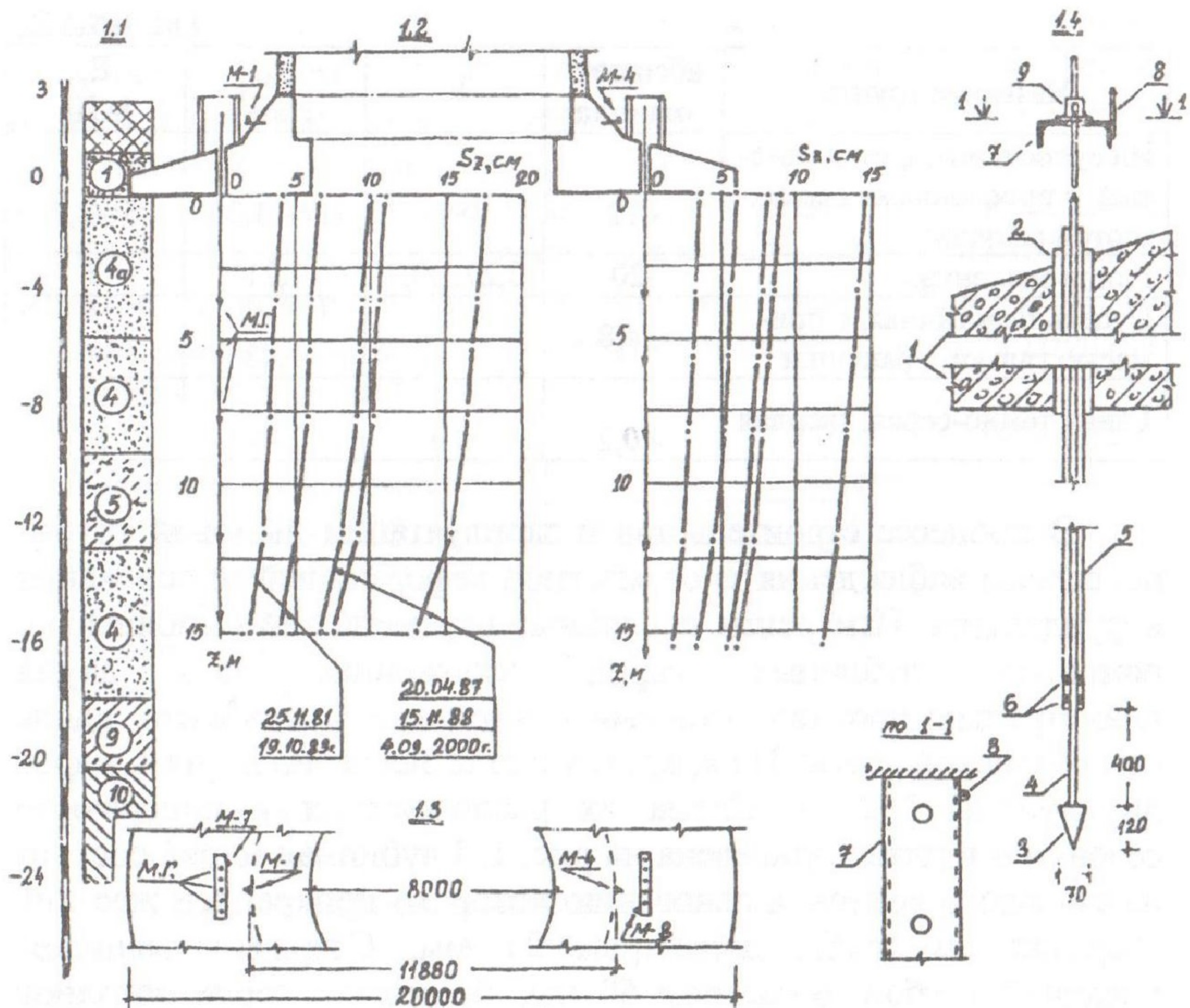


Рис 1. Схема расположения глубинных марок, их конструкция и эпюры послойных перемещений. 1.1. Геологическое строение основания. 1.2. Поперечное сечение фундамента. Схема расположения глубинных марок. Эпюры послойных перемещений. 1.3. Фрагмент плана фундамента со схемой размещения глубинных (М.Г.) и стенных (М) марок. 1.4. Конструкция глубинной марки: 1 – фундамент; 2 – «гильза» – отрезок трубы для устройства вертикального отверстия в теле фундамента; 3 – глубинная марка; 4 – стержень, идущий от марки к поверхности; 5 – обсадная труба для защиты стержня от контакта с окружающим грунтом; 6 – сальники между стержнем и обсадной трубой; 7 – реперная балка, соединенная с фундаментом; 8 – марка на реперной балке для измерений её перемещения геометрическим нивелированием; 9 – штангенглубиномер для измерения перемещений глубинных марок.

Замеры осадок выполнены высокоточным геометрическим нивелированием по шести стенным маркам, заложенным по

периметру фундамента (рис.2). За период строительства и эксплуатации, нивелирование производилось 21 раз.

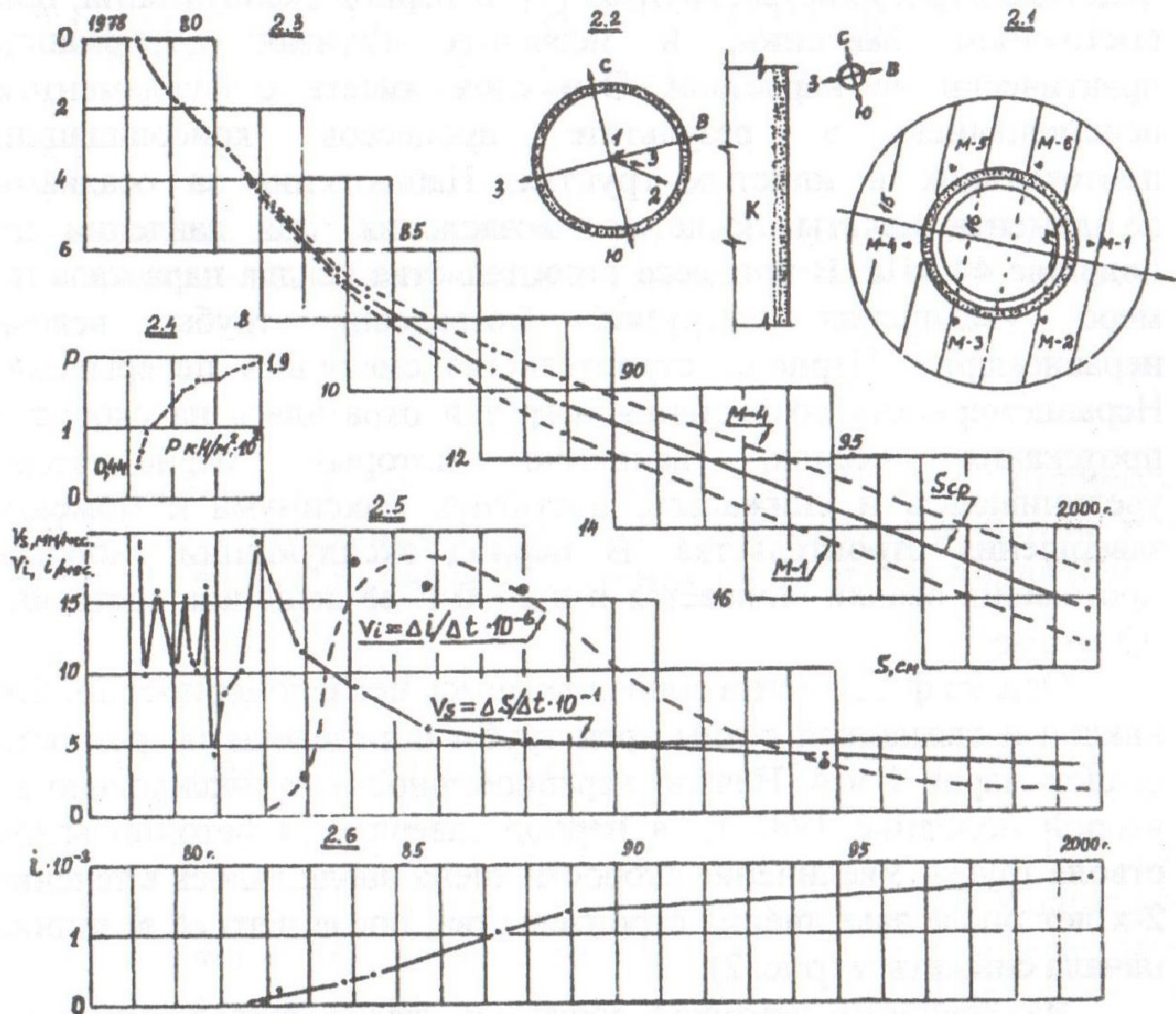


Рис 2. Результаты измерений осадок фундамента. 2.1. План фундамента и грань стены котельной (к). На плане показаны линии равных перемещений, а стрелкой – вектор направления крена. 2.2. Сечение трубы на уровне цоколя с направлением векторов отклонения её оси от вертикали и их значения в см. на отметках: 1) + 47,5м (8,5см); 2) + 120м (40см) 3) + 120м (21см) - по значению относительной разности осадок фундамента. 2.3.График нарастания осадок фундамента: средней, минимальной и максимальной. 2.4.График роста давлений в период строительства. 2.5.Графики скорости протекания осадки и нарастания крена. 2.6.График изменения крена трубы во времени.

Измерения послойных перемещений начаты при давлении по подошве фундамента равном 71 кПа. В период строительства в

процессе роста давлений, деформации развивались в пределах плотных слоев, сложенных песчаными грунтами (4а; 4), и в подстилающих илистых грунтах [1]. В период эксплуатации, при постоянном давлении, в песчаных грунтах деформации практически не нарастали. Эти слои вместе с фундаментом перемещались в результате процессов консолидации, протекающих в илистых грунтах. Наблюдения за осадками фундамента начаты после его возведения, при давлении по подошве 44 кПа. В процессе строительства осадка нарастала по мере увеличения нагрузки. Возведение трубы велось неравномерно. Периоды строительства сменялись перерывами. Неравномерность возрастания нагрузки отразилась на скорости протекания осадок, величина которых периодически увеличивалась и снижалась, достигнув максимума к моменту завершения строительства. В период эксплуатации скорость протекания осадки снижается и к 2000 г. её величина составила 0,3 мм/мес.

Осадка фундамента сопровождалась неравномерностью. Его наклон и связанный с ним крен трубы определены по разности осадок марок 1 и 4. Начало неравномерности зафиксировано во второй половине 1981 г., в период завершения бетонирования ствола трубы. Увеличение скорости крена наблюдалось в течение 2-х лет после завершения строительства, после чего её величина начала снижаться (рис. 2).

Измерениями вертикальности оси трубы, выполненными в 1997 и 2000 гг., установлено искривление её ствола, начиная с высоты 47,5 м. На рис 2.2. приведены направления векторов отклонения ствола трубы от вертикали. Величина отклонения оси трубы от вертикали по результатам измерений, выполненных разными исполнителями, на высоте 47,5 м имеет близкую сходимость со средним значением 8,5 см, а на высоте 120 м составляет соответственно 29 и 51 см (в среднем 40 см). Величина крена от неравномерных осадок должна составлять 21 см. Искривление ствола трубы, допущенное при строительстве, послужило причиной возникновения крена в период эксплуатации.