

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы

«ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ МАШИН»

по дисциплинам

«СПЕЦКУРС ПО ТЕМАТИКЕ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ»

**«СПЕЦКУРС ПО ТЕМАТИКЕ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ,
ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ»**

(для студентов 5 курса дневной формы обучения,
направление подготовки 6.060101 «Строительство»)

Харьков

ХНАГХ

2013

Методические указания к выполнению лабораторной работы «Виброустойчивость оснований фундаментов машин» по дисциплинам «Спецкурс по тематике магистерской работы», «Спецкурс по тематике магистерской работы, планирование и обработка результатов экспериментов» (для студентов 5 курса дневной формы обучения, направление подготовки 6.060101 «Строительство») / Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва; сост.: В. Г. Таранов, В. А. Александрович – Х.: ХНАГХ, 2013 - 28 с.

Составители: В. Г. Таранов,
В. А. Александрович

Рецензент: гл. спец. ОАО «ХПКМ» «ТЭП-СОЮЗ» Я. Л. Кранцфельд

Рекомендовано кафедрой механики грунтов,
фундаментов и инженерной геологии.

Протокол № 3 от 10 ноября 2010 г.

Содержание

	Стр.
1 Общие положения.....	4
2. Оборудование и измерительная система.....	6
3. Проведение испытаний.....	8
4. Обработка результатов испытаний.....	8
5. Пример проведения лотковых испытаний.....	10
5.1 Исходные данные.....	10
5.2 Подготовка к испытаниям.....	10
5.3 Проведение исследований и полученные результаты	10
6. Источники.....	16
Приложения.....	17
Приложение 1.....	17
Приложение 2.....	19

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При работе различных машин с динамическими нагрузками их фундаменты передают на основание как статическую, так и динамическую нагрузки, которые в определенном сочетании могут явиться причиной появления у некоторых видов грунтов (пылеватых и мелких водонасыщенных песков, пластичных супесей и пр.) длительной слабозатухающей осадки. Наблюдения за разными действующими объектами показали, что такие осадки «могут длиться десятилетиями и даже столетиями, достигая значений в несколько десятков сантиметров (по литературным данным – до 80-90 см)». Поскольку с исчезновением вибрации рост осадки прекращается, данное явление, впервые исследованное основоположниками отечественной динамики грунтов Д.Д. Барканом и О.А. Савиновым, получило в литературе название виброползучести.

Для фундаментов машин с вращающимися частями (в первую очередь, таких как турбоагрегаты атомных и тепловых электростанций) проявление виброползучести крайне опасно, т.к. может привести к недопустимым дополнительным осадкам, прогибам, кренам, приводящим к расцентровке валопроводов и другим негативным последствиям. В то же время современная тенденция к повышению мощности машин с динамическими нагрузками привела к ужесточению требований к допускаемым деформациям оснований и фундаментов. Поскольку природа виброползучести в настоящее время изучена еще недостаточно, увеличение осадки фундамента вследствие вибрации при неизменном статическом давлении, в рамках статических расчетных схем, рассматривается эквивалентным уменьшению модуля деформации грунтов основания. Предлагается определять количественные характеристики, позволяющие учесть снижение модуля деформации, по результатам долговременных полевых (или в лотке) испытаний оснований фундаментов виброштампом.

Использование виброштампов аналогично традиционному применению в инженерных изысканиях малых штампов для определения модуля деформации грунтов, необходимого при расчетах статических осадок проектируемых фундаментов. Вследствие уменьшения с глубиной статического и динамического давлений, передаваемых штампом, можно считать, что испытания на поверхности грунта являются оценочными. При отсутствии виброползучести в процессе испытаний однородного основания виброштампом, установленным в верхней части сжимаемой толщи, можно предположить, что и во всей толще ползучесть отсутствует. При обнаружении виброползучести, характеризующие ее параметры можно отнести (с некоторым запасом) ко всему однородному основанию. (Для снижения запаса основание необходимо подвергнуть испытаниям виброштампом на нескольких горизонтах в пределах всей сжимаемой толщи; аналогично следует испытывать и слоистое основание, устанавливая виброштамп на кровле каждого слоя).

1.1. *Целью* полевых (лотковых) испытаний грунтов виброштампом является экспериментальное определение модуля общей деформации $E_{общ}$ основания фундаментов под машины с динамическими нагрузками с учетом виброползучести грунтов.

1.2. *Область применения:* испытания проводятся для водонасыщенных песков крупных, средней крупности, мелких и пылеватых, плотных и средней плотности, а также пылевато-глинистых грунтов пластичной консистенции.

1.3. *В результате* испытаний определяется дополнительная осадка штампа s (мм), возникающая после приложения к нему динамической нагрузки, а также величина коэффициента виброползучести грунтов основания D (мм²/час).

1.4. Общая осадка фундамента (штампа) $S_{общ}$ (мм) является суммой двух составляющих:

$$S_{общ} = S + s, \quad (1.1)$$

где S – статическая осадка фундамента (штампа), (мм).

1.5. Основными параметрами внешнего воздействия на грунтовое основание являются:

P – среднее статическое давление по подошве фундамента (штампа), (МПа);

P_d – среднее динамическое давление по подошве фундамента (штампа), кПа;

f – частота колебаний фундамента (штампа), Гц.

1.6. На основании большого количества полевых экспериментов установлено, что при заданной величине P существует определенное значение P_{dmax} , при котором дополнительная осадка за нормативное время t_n достигает значения s_{max} и, аналогично, при заданной величине P_d есть определенное статическое давление P_{max} , вызывающее дополнительную осадку s_{max} .

В зависимости от интенсивности динамического воздействия на основание дополнительная осадка s может не проявляться совсем, быть затухающей длительной, слабозатухающей или незатухающей. Допускаемой (условно затухающей) считается та осадка, которая за время t_n не превысит значения s_{max} , задаваемых графиком на рис.1.1.

Виброустойчивость основания считается обеспеченной, если передаваемое фундаментом среднее статическое P и динамическое P_d давления удовлетворяют хотя бы одному из условий:

$$P_d \leq mP_{dmax} \text{ (при заданной величине } P); \quad (1.2)$$

$$P \geq mP_{max} \text{ (при заданной величине } P_d), \quad (1.3)$$

где коэффициент условий работы m принимается равным 0,8.

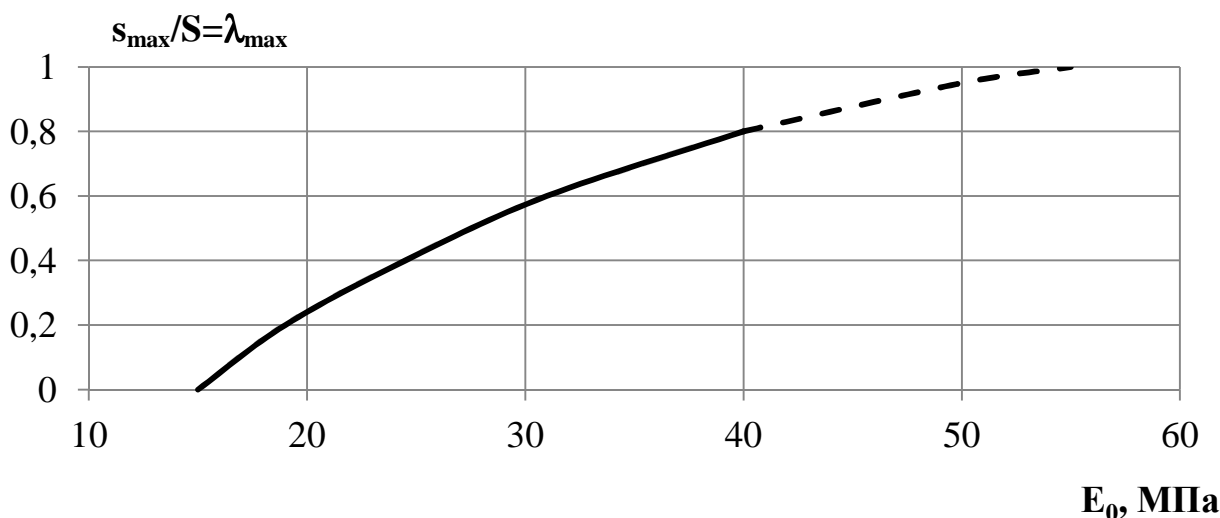


Рис.1.1 - Зависимость отношения расчетных осадок от модуля деформации основания фундамента

2. ОБОРУДОВАНИЕ И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

2.1 Испытания виброустойчивости основания фундамента проводятся в лотке любой конструкции. В данном случае лоток имеет размеры 1,8×1,8×1,8м, оснащен упорной балкой и тельфером грузоподъемностью 500кг для загрузки и выгрузки грунта, а также монтажа – демонтажа опытной установки.

2.2. Учитывая неизбежность увеличения влажности в основании фундамента при эксплуатации машины, испытания следует проводить на водонасыщенных грунтах. Контроль влажности грунта осуществляется до глубины, равной двойной ширине штампа, ниже его подошвы. Увлажнение основания производится аналогично известным способам, исходя из местных возможностей. Здесь лоток имеет устройство для водонасыщения песков снизу и, в случае необходимости ускорения процесса - инвентарные дренажные трубы.

2.3 Установка для испытаний (см.рис.2.1-2.2) представляет собой пространственную конструкцию включающую в себя стоящий на грунте(3) металлический штамп(1) размерами 200х400, жестко соединенный с плитой(2), на которой устанавливается вибратор(4).

Статическая нагрузка создается с помощью системы «гидравлический домкрат (9), размещенный над вибратором на плите (8), насосная станция, упорная балка (10)». Пространство между нижней (2) и верхней (8) плитами формируется с помощью стоек (6), в верхней части которых, для исключения инерционности статической нагрузки, помещены винтовые пружины (7).

Контроль уровня статической нагрузки осуществляется с помощью манометра, закрепленного на насосной станции. Статическая нагрузка прикладывается ступенчато, а ее величины устанавливаются по манометру при помощи тарировочного графика (см. прил. 1, 2).

Осадки штампа измеряются двумя прогибомерами 6-ПАО(11) (или индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм), связанными с реперной системой (13).

2.4. Динамическая нагрузка задается вибратором состоящим из электродвигателя постоянного тока(4), и сменного дебаланса(5).

Плавное изменение числа оборотов электродвигателя осуществляется с помощью специального устройства, в основе которого используется принцип ШИМ (широтно-импульсной модуляции); подбор амплитуды колебаний производится путем изменения геометрических параметров дебаланса (изменение массы и точки закрепления наборных грузов).

Амплитуда и частота колебаний штампа фиксируется комплектом аппаратуры, включающем в себя датчик перемещений Д21А(12), виброметр ВИП – 2 и цифровой осциллограф Oscill, который позволяет наблюдать и анализировать параметры колебаний на экране ЭВМ.

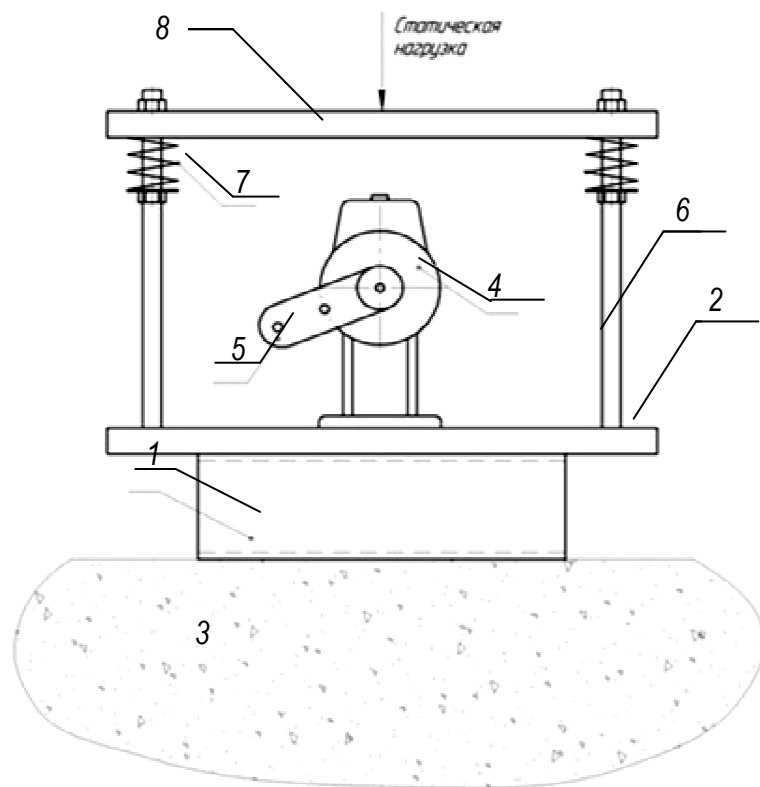


Рис 2.1- Схема экспериментальной установки

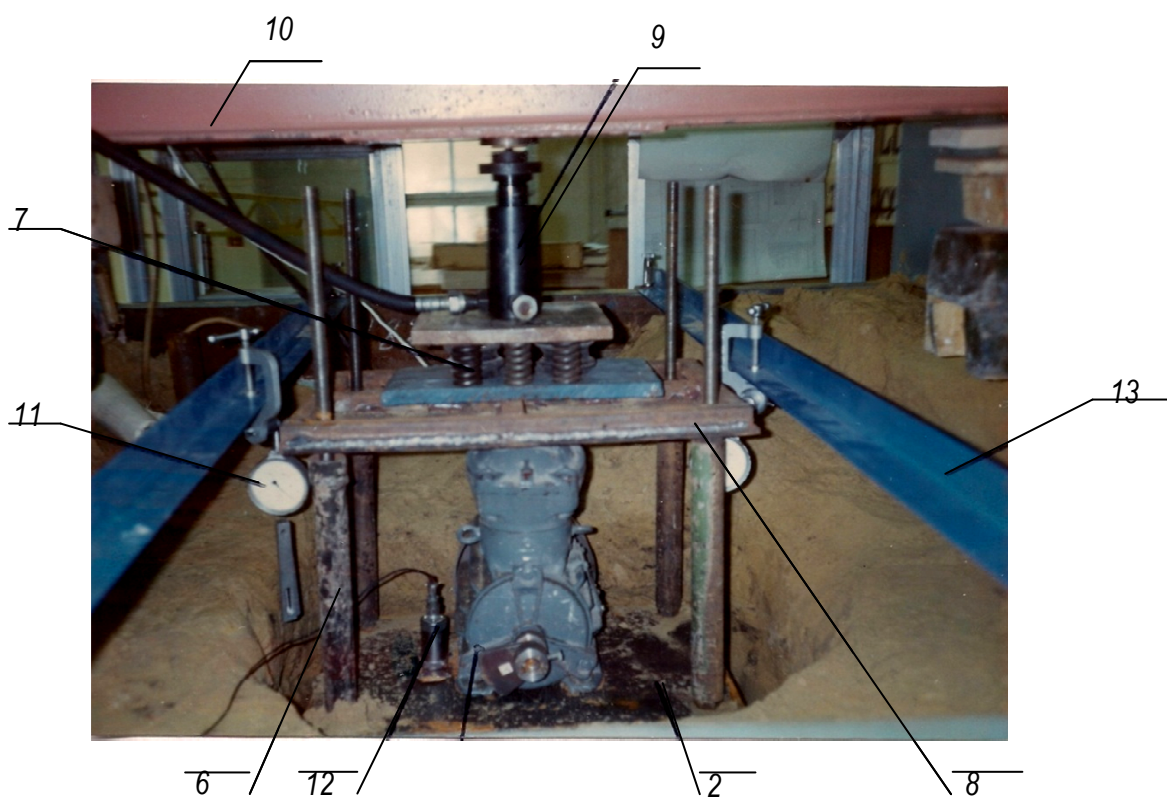


Рис. 2.2 - Общий вид экспериментальной установки

3. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

В лотке выполняются испытания одного из двух типов: I тип – для определения P_{dmax} и II тип – для определения P_{max} (см. пример).

3.1. Ход испытаний I-го типа следующий: проводится статический этап при условии непривышения величины эксплуатационной нагрузки более 200 кПа. Начальная ступень нагрузки определяется весом опытной установки; осадка на этой ступени не фиксируется, а шкалы прогибомеров устанавливаются в нулевое положение. Учитывая ограниченность временного периода (2 академ. часа), статический этап проводится в ускоренном режиме, с интервалом смены нагрузки каждые 5 – 10 мин и снятием показаний прогибомеров через 5 мин. Ввиду малой величины последующих дополнительных осадок на последней ступени статической нагрузки в качестве критерия условной стабилизации скорость осадки принимается равной 0,05 мм/час.

3.2. После стабилизации статической осадки (показания прогибомеров к концу этого этапа принимаются за нулевые) приступают к динамическим испытаниям, суть которых заключается в следующем.

Не снимая статической нагрузки, включается подготовленный до начала испытаний вибратор (подбор момента эксцентриков для установления амплитуды вертикальных колебаний - 5 или 10 мкм), количество оборотов вала которого с помощью описанного выше устройства доводится до 1500 об/мин (25 Гц) – эксплуатационная частота вращения вала турбоагрегата (частота вынужденных колебаний может быть задана любая, в зависимости от рабочей частоты машины).

Контроль за амплитудой колебаний осуществляется каждые 5 мин. Данные об амплитуде, равно как и показания прогибомеров, а также время съема информации заносятся в журнал наблюдений (см. Приложение 1). Динамический этап должен продолжаться до достижения критерия условной стабилизации согласно п.3.1., но не менее 1 часа, т.е. до конца лабораторных занятий.

3.3. Испытаний II типа отличаются от описанных выше тем, что динамическая нагрузка прикладывается к штампу на каждой ступени статической нагрузки, начиная с 50% ее эксплуатационной величины.

3.4. Поскольку в течение одного аудиторного занятия (лабораторной работы) критерий условной стабилизации осадки штампа можно не достигнуть, в Приложении 2 приводятся натурные результаты для разных площадок, используемые в дальнейшем как исходные данные для вариантных расчетов.

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Результаты натурных полевых исследований и наблюдений за осадками фундаментов машин (турбоагрегатов) показывают, что для аппроксимации нарастания дополнительной осадки во времени может быть принята зависимость вида

$$s = \sqrt{Dt} , \quad (4.1)$$

где D – коэффициент виброползучести грунтов (мм²/час); t – время действия вибрации постоянной интенсивности.

Следовательно, суть проводимых экспериментов сводится к определению параметра D – основной характеристики грунта, от которой зависит виброустойчивость системы «основание – фундамент».

Для каждой ступени i динамического нагружения вычисляется коэффициент виброползучести D_i .

(4.2)

а затем отношение расчетных осадок (дополнительной к статической):

(4.3)

где $S_{расч}$ – среднее значение расчетной статической осадки фундамента (мм), указываемое в задании на испытания; t_n – нормативное время межремонтного периода.

По результатам испытаний I типа строится (см.рис.4а) график зависимости $\lambda_i(P_\delta)$. Далее исходя из значения E_o , указанного в задании, по рис.1.1 определяется значение λ_{max} , которое затем используется для определения величины $P_{\delta max}$ по графику рис.4а (см. за стрелками на графике). После этого по формуле (1.2) вычисляется значение $0,8$, служащее для определения по графику (рис.4а) величины $\lambda_{расч}$.

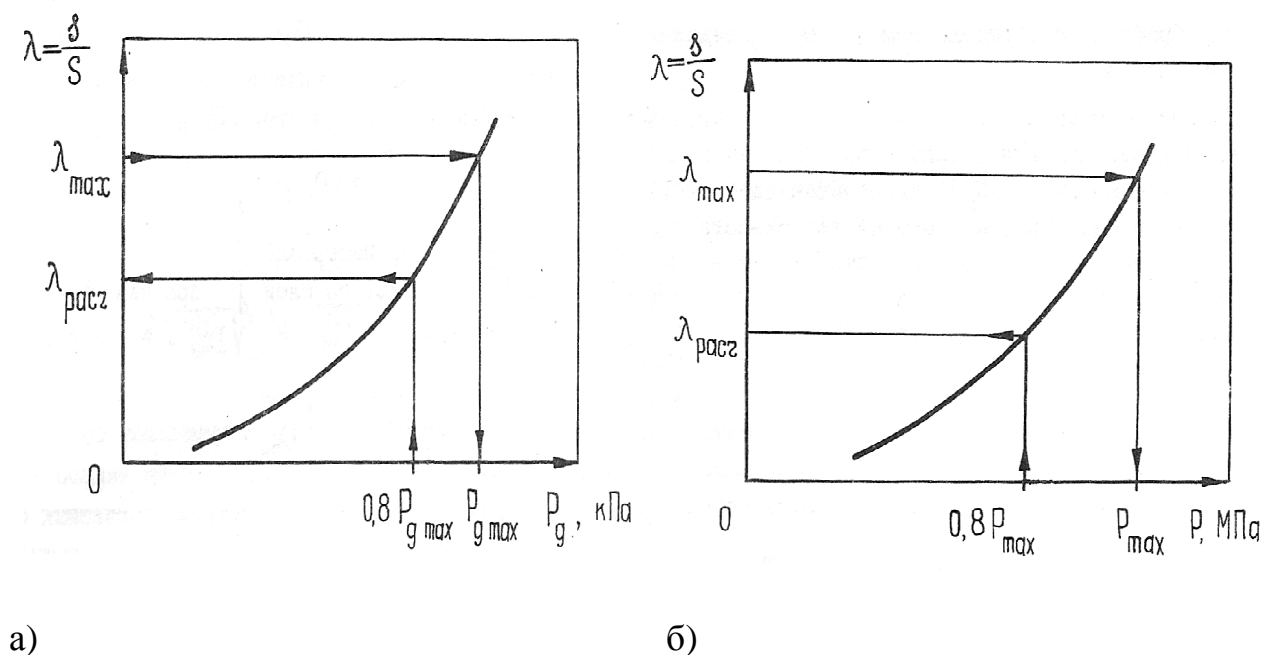


Рис. 4а График зависимости: а) $\lambda_i(P_\delta)$; б) $\lambda_i(P_\delta)$

При испытаниях II типа строится, график рис.3б зависимости $\lambda_i(P)$, который служит для определения, опять же, величины $\lambda_{расч}$ аналогично описанному в предыдущем абзаце, но с использованием формулы (1.3).

Коэффициент K_E снижения статического модуля деформации основания рассчитывается по формуле:

(4.4)

где $K_{зан} = 1,3$ - коэффициент запаса.

Модуль общей деформации $E_{общ}$ определяется из выражения

$$E_{общ} = K_E \times E, \quad (4.5)$$

где E_0 - статический модуль деформации, указанный в задании.

5. ПРИМЕР ПРОВЕДЕНИЯ ЛОТКОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

5.1 Исходные данные

Частота колебаний турбоагрегата (ТА)	$f=25$ Гц
Амплитуда колебаний	$a=5; 10$ мкм
Среднее давление под подошвой	$P=0,25$ МПа
Расчетная осадка фундамента	$S=19$ см.
Время межремонтного периода	$t_n=3,5 \cdot 10^4$ час
Коэффициент упругого равномерного сжатия грунта	$C_z=38$ кН/м ³

5.2. Подготовка к испытаниям

Песчаный грунт для лотковых испытаний, отобранный с отметки заложения подошвы фундамента турбоагрегата, доставлен в ХНАГХ в объеме 6 м³ и уложен в лоток.

Перед проведением каждого опыта подготовка основания производилась следующим образом:

- На глубину 80...100 см осуществлялась выемка грунта с последующей укладкой обратно слоями толщиной 15...20 см с трамбованием до заданной плотности скелета ρ_d (либо близкой к ней). Из каждого слоя кольцами отбиралось по два образца песка для установления его плотности и влажности, в двух случаях определялся грансостав песка; установлено - песок средней крупности.
- Поверхность песка в месте установки штампа выравнивалась (по уровню) после чего устанавливался штамп и монтировалась вся система для испытаний.
- Непосредственно перед опытом подготовленное описанным образом основание выдерживалось в течение 1-2 суток. Водонасыщение грунтов производилось подачей воды снизу, а также через дренажные скважины, устроенные в углах лотка. Перед проведением основной серии опытов были выполнены пробные статические и динамические испытания с целью подбора соответствующих дебалансов и проверки стабильности получаемых в опыте различных параметров.

5.3 Проведение исследований и полученные результаты

В опыте 1 - I тип испытаний получено, что дополнительная осадка при $P=0,25$ МПа и $a=5$ мкм – затухающая и составляет четвертую часть от общей осадки; время затухания, примерно, 7 часов. Осадка при $a=10$ мкм (при той же статической нагрузке) является незатухающей.

В опыте 2 плотность скелета грунта $\rho_d=1,66$ т/м³ и влажность $w=0,06$. Проводились испытания II типа. Рабочий журнал испытаний приведен в табл.5.1. Динамическая нагрузка прикладывалась к грунту на ступенях $P=0,15; 0,2; 0,25; 0,28$ МПа (Результаты испытаний представлены на рис. 6).

Дополнительные осадки были затухающими, для $P=0,2$ и $0,25\text{МПа}$, при амплитуде, $a=5\text{мм}$ время затухания $t=5\text{часов}$, при $a=10\text{мм}$ - $t=7\ldots 12\text{часов}$. Для $P=0,28\text{МПа}$ при $a=10\text{мм}$ осадка оказалась незатухающей.

Таким образом, результаты опытов показывают, что при статических давлениях $P \leq 0,25\text{МПа}$ и амплитудах колебаний штампа 5 и 10мм дополнительные осадки являются затухающими и составляют максимум 30% от статических.

Результаты исследований представлены в табл. 5.1, где дан образец рабочего журнала проведения испытаний (такая форма подачи материала наиболее компактна и иллюстративна), а также графически на рис. 5, 6 в виде зависимостей "нагрузка-осадка".

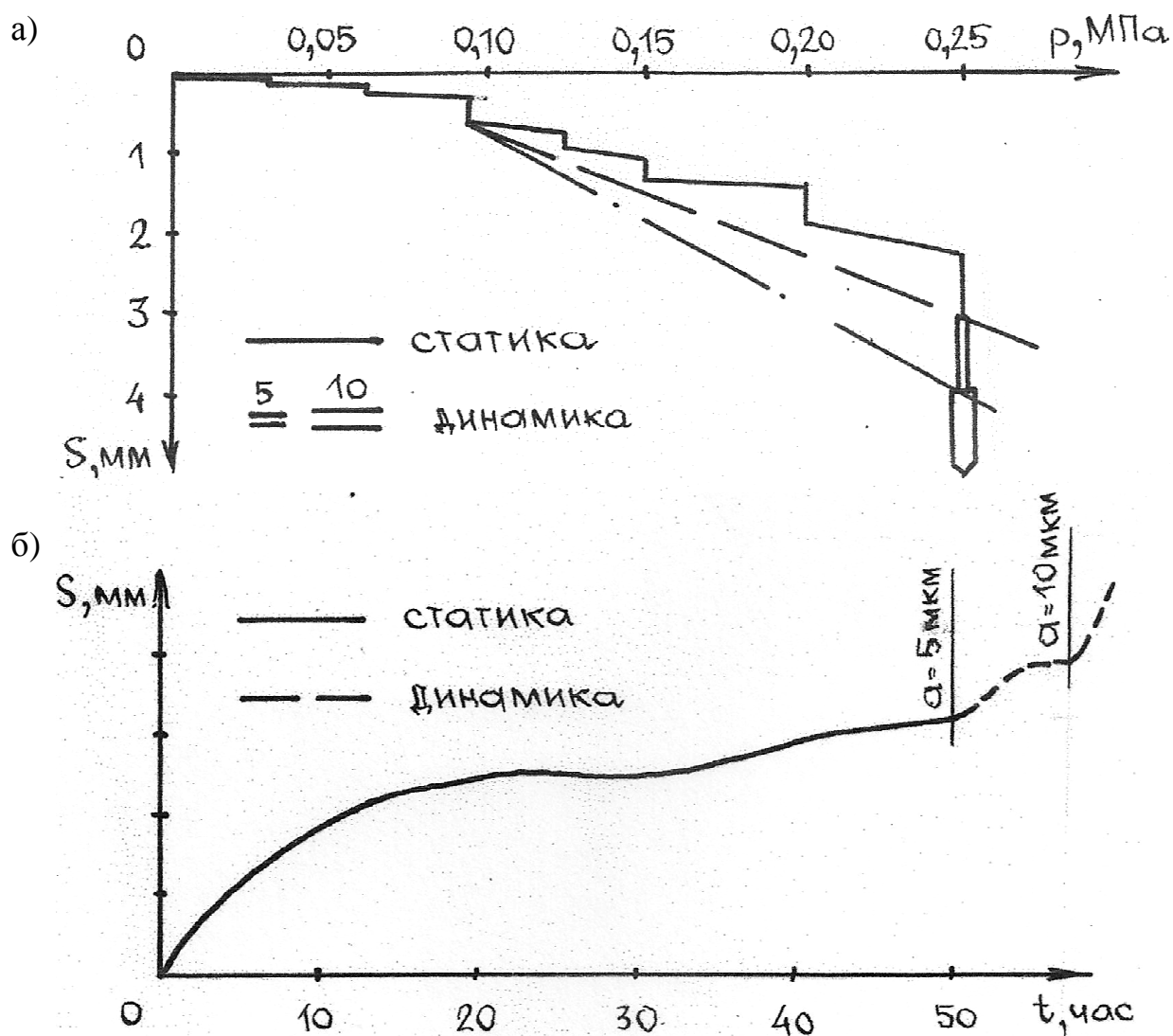


Рис. 5. Графики зависимости осадки от давления и времени:
а) зависимость «давление-осадка»; б) зависимость «время-осадка».

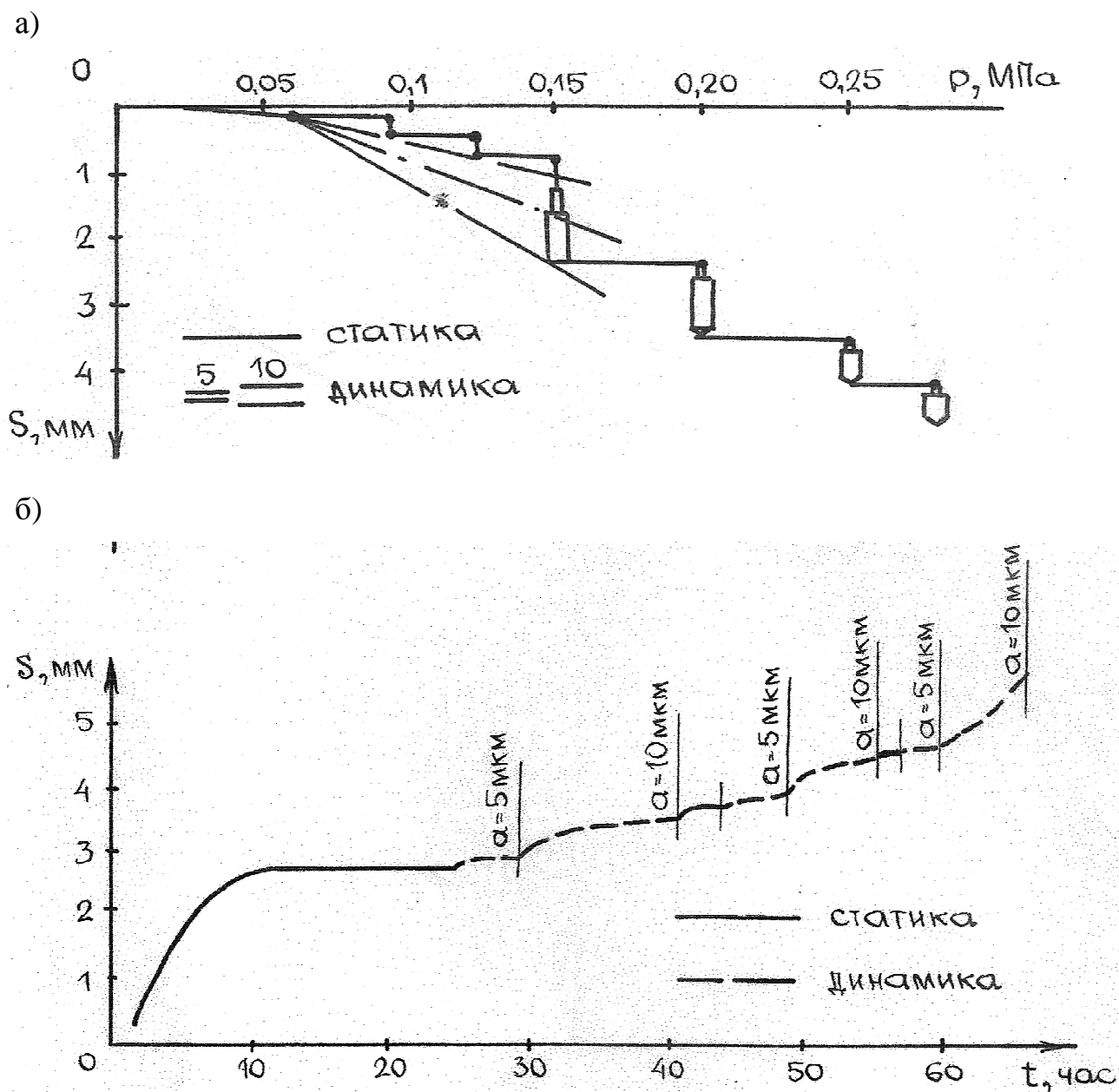


Рис. 6. Графики зависимости осадки от давления и времени:
а) зависимость «давление-осадка»; б) зависимость «время-осадка»

В соответствии с методикой, описанной в разделе 4, экспериментальные данные были обработаны в направлении вычисления коэффициентов виброползучести (D) по формуле (4.2) и λ_t -по формуле (4.3). Результаты обработки приведены на рис. 7.

Таблица 5.1

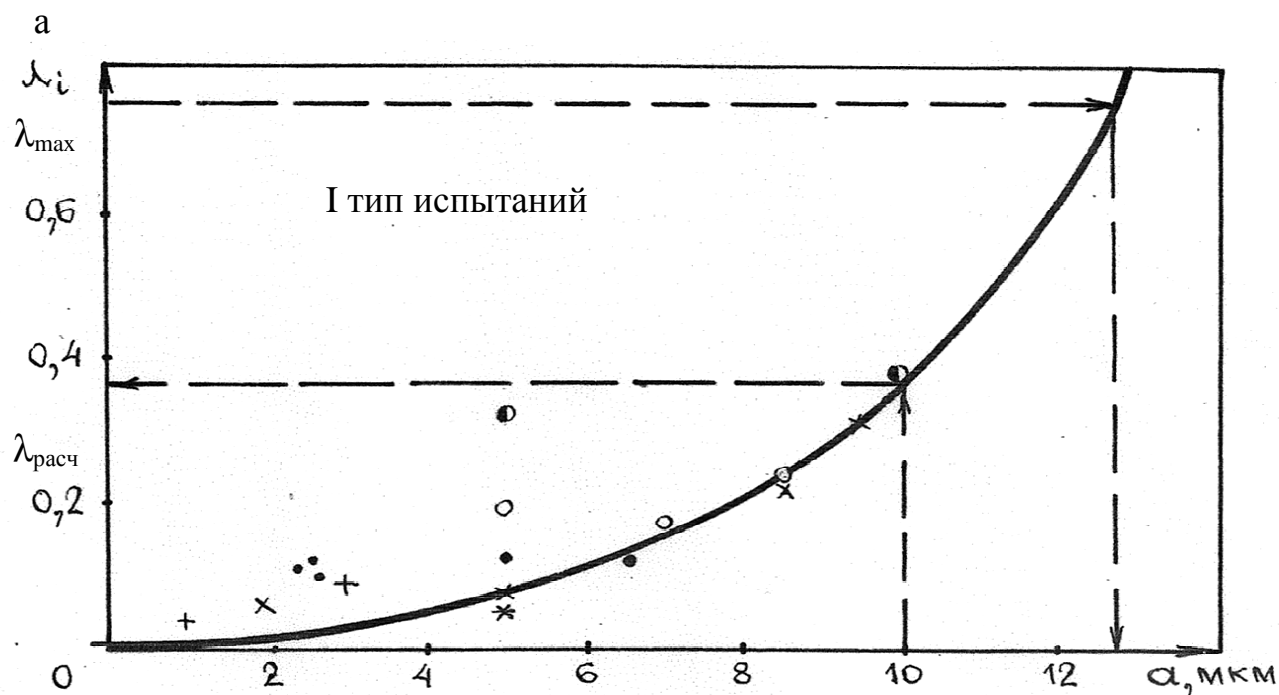
Время	Показания манометра, кГс/см ²	Нагрузка, МПа	Показания прогибомеров		Примечание
			Левый	Правый	
1	2	3	4	5	6
1 день					
Статика					
10-30	0	0	7870	6765	Начало наблюдений
10-30	10	0,02	7870	6775	
*В целях сокращения объема журнальных данных далее в табл. приводятся лишь ключевые, для расчета, значения показаний приборов.					
11-00	25	0,05	7892	6770	Увеличена нагрузка
11-15	25	0,05	7892	6770	
12-00	43	0,85	7922	6792	Увеличена нагрузка
12-15	43	0,85	7923	6794	
13-00	60,5	0,12	7940	6828	Увеличена нагрузка
13-15	60,5	0,12	7942	6830	
14-00	75,5	0,15	7972	6854	Увеличена нагрузка
14-15	75,5	0,15	7975	6858	50% проектного знач.
2 день					
Статика					
10-00	75,5	0,15	7980	6868	
10-15	75,5	0,15	7982	6871	
10-30	75,5	0,15	7982	6871	
11-30	75,5	0,15	7984	6874	
$\Delta t=1\text{ч}; \Delta s_1=79,84-79,82=0,02\text{мм}; \Delta s_2=68,74-68,71=0,03\text{мм};$ $\Delta_{\text{ср}}=(0,02+0,03)/2=0,025.$					
Динамика					
11-30	75,5	0,15	7994	6890	2а=10
11-35	75,5	0,15	8001	6895	2а=10
13-00	75,5	0,15	8016	6913	2а=10
14-00	75,5	0,15	8028	6915	2а=10
$\Delta t=1\text{ч}; \Delta s_1=80,28-80,16=0,12\text{мм}; \Delta s_2=69,15-69,13=0,02\text{мм};$ $\Delta_{\text{ср}}=(0,12+0,02)/2=0,07.$					
14-05	75,5	0,15	8028	6924	2а=20
14-10	75,5	0,15	8033	6927	2а=20

Продолжение табл.5.1.

16-30	75,5	0,15	8075	7001	2a=20
1	2	3	4	5	6
17-30	75,5	0,15	8077	7003	2a=20
$\Delta t=1\text{ч}; \Delta s_1=80,77-80,75=0,02\text{мм}; \Delta s_2=70,03-70,01=0,02\text{мм};$ $\Delta_{\text{cp}}=(0,02+0,02)/2=0,02.$					
3 день					
Статика					
10-00	75,5	0,15	8088	7002	
10-15	100,5	0,20	8088	7006	Увеличена нагрузка
10-30	100,5	0,20	8088	7011	
11-30	100,5	0,20	8094	7012	
$\Delta t=1\text{ч}; \Delta s_1=8,094-8,088=0,006\text{мм}; \Delta s_2=7,012-7,011=0,001\text{мм};$ $\Delta_{\text{cp}}=(0,006+0,001)/2=0,0035; \text{Средняя скорость меньше } 0,02 \text{ мм/ч}$					
Динамика					
11-30	100,5	0,20	8094	7021	2a=10
12-30	100,5	0,20	8094	7024	2a=10
$\Delta t=1\text{ч}; \Delta s_1=80,94-80,94=0,00\text{мм}; \Delta s_2=70,24-70,21=0,03\text{мм};$ $\Delta_{\text{cp}}=(0,00+0,03)/2=0,015.$					
12-30	100,5	0,20	8103	7042	2a=20
12-45	100,5	0,20	8103	7048	2a=20
15-45	100,5	0,20	8149	7114	2a=20
16-45	100,5	0,20	8166	7128	2a=20
$\Delta t=1\text{ч}; \Delta s_1=81,66-81,49=0,17\text{мм}; \Delta s_2=71,28-71,14=0,14\text{мм};$ $\Delta_{\text{cp}}=(0,017+0,014)/2=0,0155.$					
4 день					
Статика					
10-00	100,5	0,20	8166	7128	
10-15	126	0,25	8166	7139	Увеличена нагрузка
10-30	126	0,25	8166	7139	
11-30	126	0,25	8167	7146	
$\Delta t=1\text{ч}; \Delta s_1=81,67-81,66=0,01\text{мм}; \Delta s_2=71,46-71,39=0,07\text{мм};$ $\Delta_{\text{cp}}=(0,01+0,07)/2=0,04.$					

Продолжение табл. 5.1.

Динамика					
11-30	126	0,25	8171	7165	2a=10
12-00	126	0,25	8171	7168	2a=10
1	2	3	4	5	6
13-00	126	0,25	8173	7170	2a=10
$\Delta t=1\text{ч}; \Delta s_1=81,73-81,71=0,02\text{мм}; \Delta s_2=71,70-71,68=0,02\text{мм};$ $\Delta_{\text{cp}}=(0,02+0,02)/2=0,02.$					
13-05	126	0,25	8186	7182	2a=20
13-15	126	0,25	8186	7185	2a=20
15-45	126	0,25	8204	7234	2a=20
16-45	126	0,25	8222	7241	2a=20
$\Delta t=1\text{ч}; \Delta s_1=82,22-82,04=0,18\text{мм}; \Delta s_2=72,41-72,12=0,07\text{мм};$ $\Delta_{\text{cp}}=(0,18+0,07)/2=0,125.$					
5 день					
Статика					
10-00	126	0,25	8222	7240	
10-15	151	0,3	8222	7246	Увеличена нагрузка
11-15	151	0,3	8222	7250	
$\Delta t=1\text{ч}; \Delta s_1=8,222-8,222=0,000\text{мм}; \Delta s_2=7,250-7,246=0,004\text{мм};$ $\Delta_{\text{cp}}=(0,000+0,004)/2=0,002.$					
Динамика					
11-15	151	0,3	8228	7266	2a=10
11-30	151	0,3	8236	7266	2a=10
12-15	151	0,3	8236	7266	2a=10
$\Delta t=1\text{ч}; \Delta s_1=82,36-82,28=0,008\text{мм}; \Delta s_2=72,66-72,66=0,00\text{мм};$ $\Delta_{\text{cp}}=(0,08+0,00)/2=0,04.$					
12-45	151	0,3	8237	7292	2a=20
14-45	151	0,3	8042	7322	2a=20
15-45	151	0,3	8049	7335	2a=20
$\Delta t=1\text{ч}; \Delta s_1=80,49-80,42=0,07\text{мм}; \Delta s_2=73,35-73,22=0,13\text{мм};$ $\Delta_{\text{cp}}=(0,07+0,13)/2=0,10.$					



б)

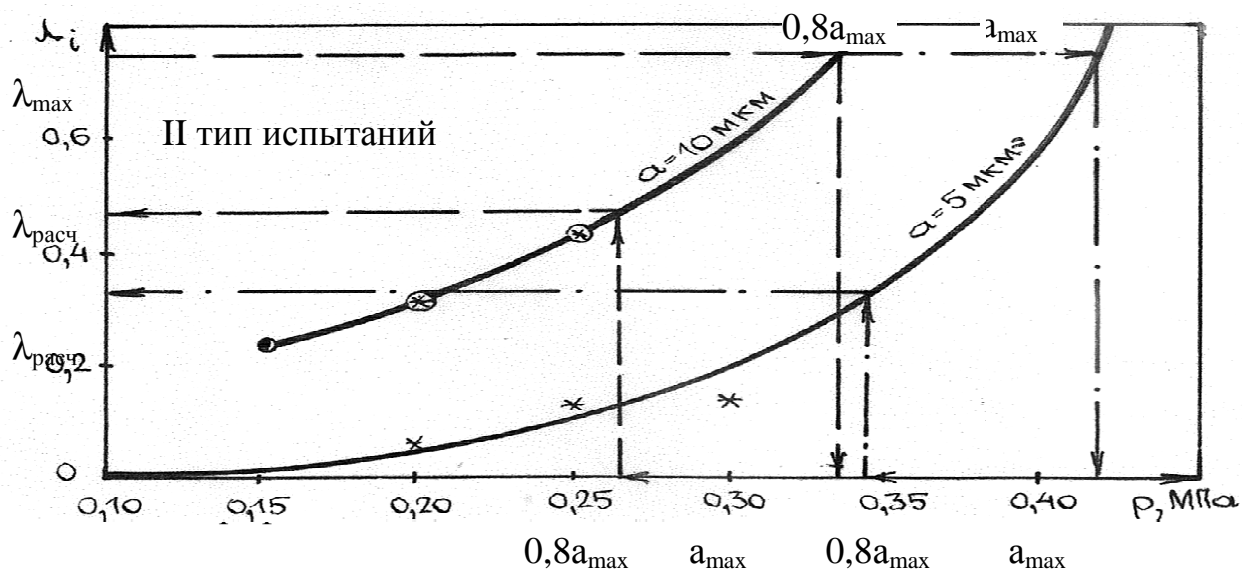


Рис. 7 - Графики зависимости λ от:

а) амплитуды колебаний a (І тип испытаний); б) статического давления P (ІІ тип испытаний)

6. ИСТОЧНИКИ

1. Рекомендации по проведению полевых испытаний виброустойчивости оснований фундаментов турбоагрегатов / НИИОСП-ДИИТ. – М.: Производственные экспериментальные мастерские ВНИИИС Госстроя СССР, 1986. – 30 с.
2. СНиП 2.02.05-87. Фундаменты машин с динамическими нагрузками / Государственный строительный комитет СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988г. – 31 с.
3. Отчет о научно исследовательской работе: «Проведение исследования виброустойчивости основания фундамента турбоагрегата № 6 Нововоронежской АЭС» / ХИИГХ. - Х.: 1990. – 43 с.

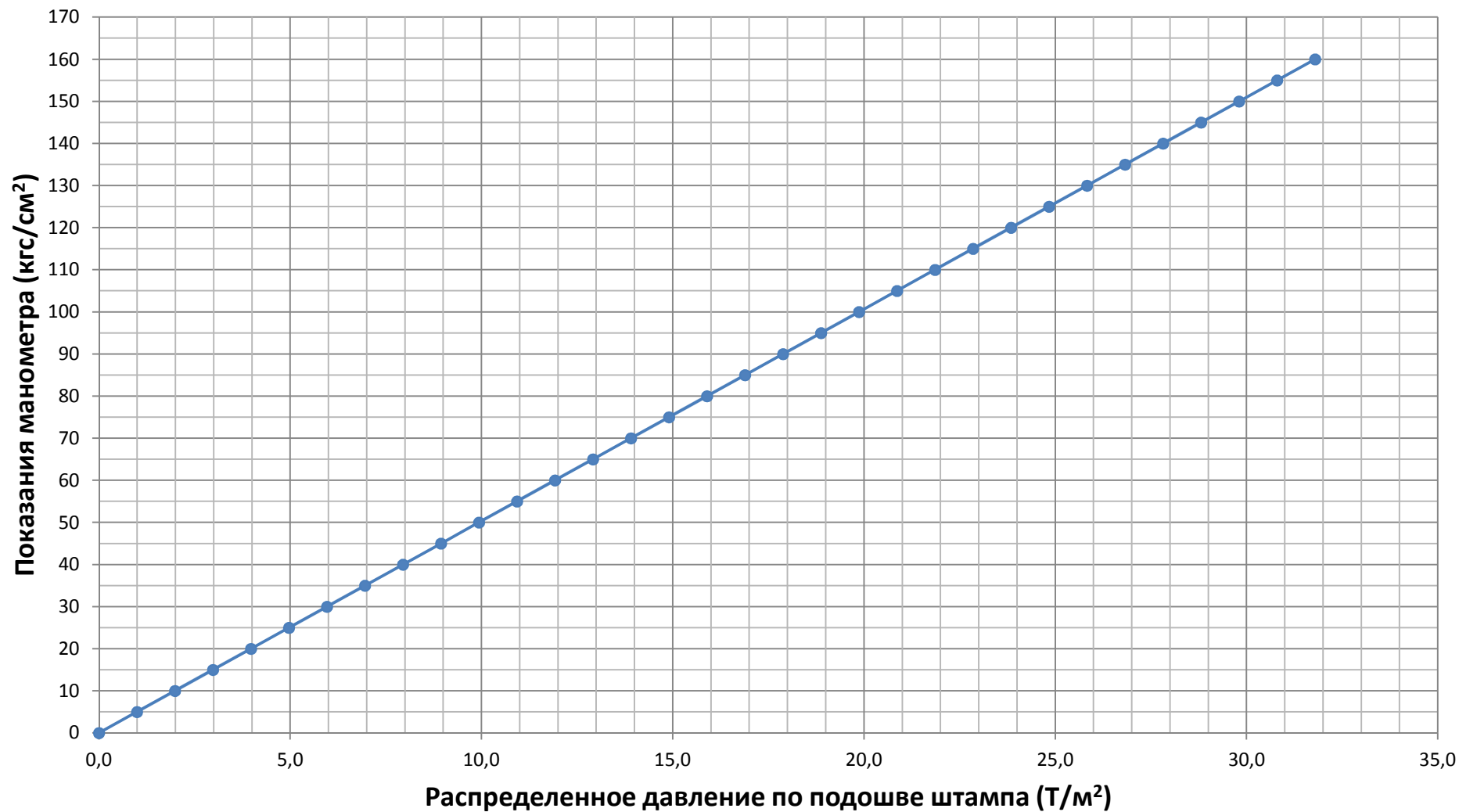
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Тарировочные графики

Таблица 1 - Усилие на поршне домкрата и распределенное давление по подошве штампа (0,2x0,4м) в зависимости от давления масла в гидравлической системе.

Показания манометра (кгс/см ²)	Усилие на поршне домкрата (кгс)	Распределенное давление по подошве штампа (Т/м ²)
0	0,0	0,0
5	79,5	1,0
10	159,0	2,0
15	238,4	3,0
20	317,9	4,0
25	397,4	5,0
30	476,9	6,0
35	556,4	7,0
40	635,9	7,9
45	715,3	8,9
50	794,8	9,9
55	874,3	10,9
60	953,8	11,9
65	1033,3	12,9
70	1112,7	13,9
75	1192,2	14,9
80	1271,7	15,9
85	1351,2	16,9
90	1430,7	17,9
95	1510,1	18,9
100	1589,6	19,9
105	1669,1	20,9
110	1748,6	21,9
115	1828,1	22,9
120	1907,6	23,8
125	1987,0	24,8
130	2066,5	25,8
135	2146,0	26,8
140	2225,5	27,8
145	2305,0	28,8
150	2384,4	29,8
155	2463,9	30,8
160	2543,4	31,8

Тарировочный график зависимости величины распределенного давления по подошве штампа ($\text{T}/\text{м}^2$) от величины давления жидкости в системе домкрата ($\text{кгс}/\text{см}^2$)



Приложение 2. Исходные данные.

Таблица 1. Вариант №1.

Время	Показания манометра, кгс/см ²	Нагрузка, кгс/см ²	Показания прогибомеров		Примечание
			Левый	Правый	
1	2	3	4	5	6
1 день					
Статика					
11-30	0	0	9685	7612	Начало наблюдений
11-30	25	0,5	9743	7624	
11-35	25	0,5	9748	7624	
11-45	25	0,5	9750	7624	
12-00	25	0,5	9752	7624	
12-30	50	1,0	9789	7665	
12-35	50	1,0	9797	7670	
12-45	50	1,0	9802	7679	
13-00	50	1,0	9804	7674	
13-35	75,5	1,5	9833	7708	
13-40	75,5	1,5	9844	7714	
13-50	75,5	1,5	9849	7718	
14-00	75,5	1,5	9851	7720	
14-30	75,5	1,5	9857	7726	
14-50	75,5	1,5	9860	7729	
15-00	101	2,0	9910	7776	
15-05	101	2,0	9917	7781	
15-15	101	2,0	9932	7793	
15-45	101	2,0	9940	7798	
16-45	101	2,0	9942	7800	
17-45	101	2,0	9945	7802	
18-00	126	2,5	9974	7830	
18-05	126	2,5	9976	7832	
18-15	126	2,5	9980	7835	
2 день					
Статика					
10-30	126	2,5	0014	7864	Замачивание грунта
10-45	126	2,5	0022	7872	9-45 ÷ 10-30
11-00	126	2,5	0027	7876	
11-15	126	2,5	0034	7881	
11-30	126	2,5	0040	7886	
12-00	126	2,5	0048	7892	
12-30	126	2,5	0051	7893	
12-40	141	2,8	0076	7918	
12-45	141	2,8	0094	7930	
13-00	141	2,8	0122	7951	
14-00	141	2,8	0131	7954	
14-30	141	2,8	0136	7961	
15-00	141	2,8	0140	7965	
15-30	141	2,8	0146	7970	
16-00	141	2,8	0153	7974	

Продолжение табл.1. Вариант №1.

1	2	3	4	5	6
16-30	141	2,8	0155	7975	
17-00	141	2,8	0159	7979	
17-30	141	2,8	0164	7983	
18-00	141	2,8	0168	7983	
18-30	141	2,8	0168	7983	
3 день					
Статика					
10-00	141	2,8	0186	7997	
10-15	141	2,8	0187	7997	
10-30	141	2,8	0187	7998	
11-00	141	2,8	0190	8000	
12-00	141	2,8	0192	8003	
13-00	141	2,8	0195	8005	
14-10	141	2,8	0197	8005	
14-40	141	2,8	0197	8005	
18-00	141	2,8	0201	8009	
4 день					
Динамика					
09-00	141	2,8	0212	8014	Запуск двигателя без
09-15	141	2,8	0215	8015	дебалансов
09-40	141	2,8	0231	8025	
10-00	141	2,8	0249	8034	Установлен дебаланс
10-15	141	2,8	0257	8040	2а=6мкм
10-30	141	2,8	0257	8044	2а=6мкм
10-45	141	2,8	0268	8048	2а=6мкм
11-00	141	2,8	0268	8049	2а=6мкм
11-15	141	2,8	0268	8051	2а=6мкм
11-30	141	2,8	0268	8054	2а=6мкм
11-45	141	2,8	0268	8056	2а=6мкм
12-00	141	2,8	0268	8057	2а=6мкм
12-15	141	2,8	0281	8069	2а=6мкм
12-30	141	2,8	0281	8070	2а=6мкм
12-45	141	2,8	0281	8070	2а=6мкм
13-00	141	2,8	0281	8071	2а=6мкм
13-15	141	2,8	0281	8064	2а=6мкм
13-30	141	2,8	0281	8065	2а=6мкм
13-45	141	2,8	0281	8065	2а=6мкм
14-00	141	2,8	0294	8069	Смена дебаланса
14-15	141	2,8	0296	8070	2а=8мкм
14-30	141	2,8	0296	8071	2а=8мкм
14-45	141	2,8	0296	8073	2а=8мкм
15-00	141	2,8	0296	8075	2а=8мкм
15-30	141	2,8	0296	8075	2а=8мкм
16-00	141	2,8	0312	8080	Смена дебаланса
16-30	141	2,8	0322	8085	2а=10мкм
17-00	141	2,8	0326	8089	2а=10мкм
17-30	141	2,8	0330	8094	2а=10мкм
18-00	141	2,8	0332	8100	2а=10мкм

Продолжение табл.1. Вариант №1.

1	2	3	4	5	6
18-30	141	2,8	0355	8105	2а=10мкм
19-30	141	2,8	0364	8110	2а=10мкм
20-00	141	2,8	0365	8110	2а=10мкм
20-30	141	2,8	0365	8110	2а=10мкм
21-00	141	2,8	0371	8114	2а=10мкм
21-30	141	2,8	0372	8114	2а=10мкм
22-00	141	2,8	0373	8118	2а=10мкм
5 день					
Динамика					
09-20	141	2,8	0372	8118	2а=10мкм
09-30	141	2,8	0383	8124	2а=10мкм
09-45	141	2,8	0383	8124	2а=10мкм
10-00	141	2,8	0383	8124	2а=10мкм
10-15	141	2,8	0383	8125	2а=10мкм
10-30	141	2,8	0383	8125	2а=10мкм
10-35	141	2,8	0393	8128	Смена дебаланса
10-45	141	2,8	0417	8141	2а=20мкм
11-00	141	2,8	0463	8170	2а=20мкм
11-30	141	2,8	0514	8200	2а=20мкм
11-45	141	2,8	0532	8209	2а=20мкм
12-00	141	2,8	0545	8221	2а=20мкм
12-15	141	2,8	0545	8230	2а=20мкм
12-30	141	2,8	0560	8236	2а=20мкм
12-45	141	2,8	0586	8243	2а=20мкм
13-00	141	2,8	0615	8262	2а=20мкм
13-15	141	2,8	0615	8272	2а=20мкм
13-30	141	2,8	0634	8278	2а=20мкм
13-45	141	2,8	0634	8288	2а=20мкм
14-15	141	2,8	0666	8304	2а=20мкм
15-00	141	2,8	0706	8338	2а=20мкм
15-30	141	2,8	0740	8368	2а=20мкм
15-45	141	2,8	0754	8375	2а=20мкм
16-00	141	2,8	0770	8387	2а=20мкм
16-15	141	2,8	0783	8398	2а=20мкм
16-30	141	2,8	0798	8413	2а=20мкм
16-45	141	2,8	0832	8432	2а=20мкм
17-00	141	2,8	0845	8444	2а=20мкм
17-15	141	2,8	0890	8488	2а=20мкм
17-30	141	2,8	0917	8522	2а=20мкм
17-45	141	2,8	0980	8580	2а=20мкм
18-00	141	2,8	1032	8680	2а=20мкм
18-15	141	2,8	1230	8940	2а=20мкм
18-15	141	2,8	1640	9350	2а=20мкм
18-17	90	2,8	1950	9900	2а=20мкм
18-20	60	2,8	2300	9900	2а=20мкм

Таблица 2. Вариант №2.

Время	Показания манометра, кгс/см ²	Нагрузка, кгс/см ²	Показания прогибомеров		Примечание
			Левый	Правый	
1	2	3	4	5	6
1 день					
Статика					
17-00	0	0	0019	0052	Начало наблюдений
17-00	25	0,5	0028	0060	
17-15	25	0,5	0030	0064	
17-30	25	0,5	0030	0064	
17-45	25	0,5	0030	0065	
18-00	25	0,5	0030	0065	
18-00	50	1,0	0140	0192	
18-05	50	1,0	0158	0210	
18-30	50	1,0	0167	0222	
18-45	50	1,0	0168	0223	
19-00	50	1,0	0171	0227	
19-30	50	1,0	0175	0229	
20-00	50	1,0	0179	0232	
20-00	75,5	1,5	0260	0326	
20-05	75,5	1,5	0275	0340	
20-30	75,5	1,5	0287	0354	
20-45	75,5	1,5	0301	0365	
21-00	75,5	1,5	0305	0373	
21-30	75,5	1,5	0317	0390	
22-00	75,5	1,5	0323	0395	
22-30	75,5	1,5	0324	0400	
22-50	75,5	1,5	0325	0401	
2 день					
Статика					
07-00	75,5	1,5	0325	0401	
07-10	75,5	1,5	0325	0402	
08-00	75,5	1,5	0325	0403	
09-00	75,5	1,5	0328	0406	
10-00	75,5	1,5	0329	0410	
10-30	75,5	1,5	0334	0417	
Динамика					
10-30	75,5	1,5	0334	0417	2а=10мкм
10-45	75,5	1,5	0344	0421	2а=10мкм
10-50	75,5	1,5	0343	0422	2а=10мкм
10-55	75,5	1,5	0349	0426	2а=10мкм
11-15	75,5	1,5	0366	0444	2а=10мкм
11-30	75,5	1,5	0403	0480	2а=10мкм
11-45	75,5	1,5	0413	0493	2а=10мкм
12-00	75,5	1,5	0420	0502	2а=10мкм
12-30	75,5	1,5	0434	0515	2а=10мкм
13-00	75,5	1,5	0441	0522	2а=10мкм
14-00	75,5	1,5	0455	0537	2а=10мкм

Продолжение табл. 2. Вариант №2.

1	2	3	4	5	6
15-00	75,5	1,5	0484	0565	2а=10мкм
16-00	75,5	1,5	0488	0574	2а=10мкм
17-00	75,5	1,5	0491	0575	2а=10мкм
18-00	75,5	1,5	0495	0580	2а=10мкм
19-00	75,5	1,5	0495	0584	2а=10мкм
20-00	75,5	1,5	0495	0584	2а=10мкм
Статика					
20-05	101	2,0	0529	0608	
20-15	101	2,0	0530	0614	
20-30	101	2,0	0530	0615	
20-45	101	2,0	0530	0618	
Динамика					
21-00	101	2,0	0533	0621	2а=10мкм
21-15	101	2,0	0537	0621	2а=10мкм
21-30	101	2,0	0540	0631	2а=10мкм
21-45	101	2,0	0545	0638	2а=10мкм
22-00	101	2,0	0546	0640	2а=10мкм
22-30	101	2,0	0548	0642	2а=10мкм
23-00	101	2,0	0549	0644	2а=10мкм
3 день					
Динамика					
07-00	101	2,0	0562	0660	Вибратор работал
07-05	101	2,0	0570	0668	всю ночь
08-00	101	2,0	0577	0676	2а=10мкм
09-00	101	2,0	0582	0685	2а=10мкм
10-00	101	2,0	0588	0695	2а=10мкм
11-00	101	2,0	0615	0711	2а=10мкм
12-00	101	2,0	0626	0721	2а=10мкм
13-00	101	2,0	0637	0738	2а=10мкм
14-00	101	2,0	0639	0743	2а=10мкм
15-00	101	2,0	0639	0744	2а=10мкм
16-00	101	2,0	0648	0736	2а=10мкм
17-00	101	2,0	0652	0752	2а=10мкм
18-00	101	2,0	0654	0753	2а=10мкм
19-00	101	2,0	0654	0754	2а=10мкм
20-00	101	2,0	0654	0754	2а=10мкм
Статика					
20-00	126	2,5	0684	0789	
20-05	126	2,5	0693	0799	
20-30	126	2,5	0696	0799	
20-45	126	2,5	0697	0804	
21-00	126	2,5	0698	0804	
21-30	126	2,5	0704	0808	
22-00	126	2,5	0704	0808	
23-00	126	2,5	0705	0810	

Продолжение табл. 2. Вариант №2.

1	2	3	4	5	6
4 день					
Статика					
07-00	126	2,5	0705	0812	
07-05	126	2,5	0705	0812	
08-00	126	2,5	0705	0812	
09-00	126	2,5	0705	0814	
Динамика					
09-30	126	2,5	0709	0820	2а=10мкм
09-45	126	2,5	0711	0824	2а=10мкм
10-00	126	2,5	0717	0833	2а=10мкм
10-15	126	2,5	0720	0835	2а=10мкм
10-30	126	2,5	0732	0854	2а=10мкм
11-00	126	2,5	0743	0858	2а=10мкм
11-30	126	2,5	0751	0869	2а=10мкм
12-00	126	2,5	0757	0873	2а=10мкм
13-00	126	2,5	0765	0878	2а=10мкм
14-00	126	2,5	0776	0891	2а=10мкм
15-00	126	2,5	0776	0892	2а=10мкм
16-00	126	2,5	0778	0896	2а=10мкм
17-00	126	2,5	0779	0896	2а=10мкм
18-00	126	2,5	0782	0902	2а=10мкм
19-00	126	2,5	0788	0911	2а=10мкм
20-00	126	2,5	0791	0914	2а=10мкм
Статика					
20-05	151	3,0	0838	0973	
20-10	151	3,0	0840	0976	
20-30	151	3,0	0844	0981	
20-45	151	3,0	0846	0984	
21-00	151	3,0	0846	0984	
21-30	151	3,0	0846	0985	
22-00	151	3,0	0847	0987	
5 день					
Статика					
07-00	151	3,0	0850	0995	
08-00	151	3,0	0850	0995	
09-00	151	3,0	0850	0996	
Динамика					
09-00	151	3,0	0856	1003	2а=10мкм
09-05	151	3,0	0866	1013	2а=10мкм
09-30	151	3,0	0876	1021	2а=10мкм
09-45	151	3,0	0882	1030	2а=10мкм
10-00	151	3,0	0890	1037	2а=10мкм
10-30	151	3,0	0904	1049	2а=10мкм
11-00	151	3,0	0914	1060	2а=10мкм
12-00	151	3,0	0927	1074	2а=10мкм

Продолжение табл. 2. Вариант №2.

1	2	3	4	5	6
13-00	151	3,0	0942	1086	2а=10мкм
14-00	151	3,0	0950	1093	2а=10мкм
15-00	151	3,0	0957	1100	2а=10мкм
16-00	151	3,0	0972	1113	2а=10мкм
17-00	151	3,0	0992	1132	2а=10мкм
18-00	151	3,0	1007	1147	2а=10мкм
19-00	151	3,0	1019	1157	2а=10мкм
19-30	151	3,0	1021	1159	2а=10мкм
20-00	151	3,0	1024	1160	2а=10мкм
21-00	151	3,0	1029	1165	2а=10мкм
22-00	151	3,0	1034	1170	2а=10мкм
23-00	151	3,0	1039	1175	2а=10мкм
6 день					
Динамика					
07-00	151	3,0	1090	1216	Вибратор работал
07-05	151	3,0	1112	1234	всю ночь
08-00	151	3,0	1122	1247	2а=10мкм
09-00	151	3,0	1132	1260	2а=10мкм
10-00	151	3,0	1141	1268	2а=10мкм
11-00	151	3,0	1155	1278	2а=10мкм
12-00	151	3,0	1169	1293	2а=10мкм
13-00	151	3,0	1185	1305	2а=10мкм

Таблица 3. Вариант №3.

Время	Показания манометра, кг/см ²	Нагрузка, кгс/см ²	Показания прогибомеров		Примечание
			Левый	Правый	
1 день					
Статика					
11-30	10	0,2	0012	9992	Начало наблюдений
11-45	25	0,5	0017	9992	
12-00	25	0,5	0017	9992	
12-15	25	0,5	0017	9992	
12-30	25	0,5	0017	9992	
12-45	25	0,5	0017	9992	
13-00	50	1,0	0051	9977	
13-15	50	1,0	0052	9977	
13-30	50	1,0	0052	9977	
13-45	50	1,0	0052	9977	
14-00	50	1,0	0052	9977	
14-15	75	1,5	0100	9948	
14-30	75	1,5	0101	9948	

Продолжение табл. 3. Вариант №3.

1	2	3	4	5	6
14-45	75	1,5	0101	9948	
15-00	75	1,5	0102	9948	
15-15	75	1,5	0102	9948	
15-30	100	2,0	0154	9910	
15-45	100	2,0	0155	9910	
16-00	100	2,0	0155	9910	
16-15	100	2,0	0156	9910	
16-30	100	2,0	0156	9910	
16-45	125	2,5	0223	9866	
17-00	125	2,5	0225	9866	
17-15	125	2,5	0229	9865	
17-30	125	2,5	0232	9859	
17-45	125	2,5	0234	9859	
18-00	125	2,5	0236	9854	
18-15	125	2,5	0236	9854	
18-30	125	2,5	0236	9854	
18-45	125	2,5	0236	9854	
19-00	125	2,5	0236	9854	
2 день					
Динамика					
10-00	125	2,5	0236	9854	2a=6
10-15	125	2,5	0263	9835	2a=6
10-30	125	2,5	0264	9829	2a=6
10-45	125	2,5	0265	9829	2a=6
11-00	125	2,5	0269	9824	2a=6
11-15	125	2,5	0271	9824	2a=6
11-30	125	2,5	0271	9824	2a=6
11-45	125	2,5	0277	9821	2a=6
12-00	125	2,5	0277	9821	2a=6
12-15	125	2,5	0279	9821	2a=6
12-30	125	2,5	0282	9821	2a=6
12-45	125	2,5	0283	9815	2a=6
13-00	125	2,5	0283	9815	2a=6
13-15	125	2,5	0286	9815	2a=6
13-30	125	2,5	0286	9815	2a=6
13-45	125	2,5	0288	9815	2a=6
14-00	125	2,5	0289	9815	2a=6
14-15	125	2,5	0289	9815	2a=6
3 день					
Динамика					
10-30	125	2,5	0289	9815	2a=10
10-45	125	2,5	0304	9799	2a=10
11-00	125	2,5	0312	9794	2a=10

Продолжение табл. 3. Вариант №3.

1	2	3	4	5	6
11-15	125	2,5	0312	9794	2a=10
11-30	125	2,5	0319	9787	2a=10
11-45	125	2,5	0322	9787	2a=10
12-00	125	2,5	0325	9780	2a=10
12-15	125	2,5	0328	9779	2a=10
12-30	125	2,5	0328	9779	2a=10
12-45	125	2,5	0330	9779	2a=10
13-00	125	2,5	0330	9779	2a=10
13-15	125	2,5	0332	9779	2a=10
13-30	125	2,5	0366	9747	2a=20
13-45	125	2,5	0380	9736	2a=20
14-00	125	2,5	0393	9727	2a=20
14-15	125	2,5	0394	9726	2a=20
14-30	125	2,5	0401	9721	2a=20
14-45	125	2,5	0411	9718	2a=20
15-00	125	2,5	0418	9710	2a=20
15-15	125	2,5	0426	9705	2a=20
15-30	125	2,5	0432	9702	2a=20
15-45	125	2,5	0437	9698	2a=20
16-00	125	2,5	0442	9693	2a=20
16-15	125	2,5	0447	9688	2a=20
16-30	125	2,5	0451	9684	2a=20
16-45	125	2,5	0454	9680	2a=20
17-00	125	2,5	0456	9679	2a=20
17-15	125	2,5	0460	9675	2a=20
17-30	125	2,5	0465	9670	2a=20

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи з дисциплін
«СПЕЦКУРС ЗА ТЕМАТИКОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ»,
«СПЕЦКУРС ЗА ТЕМАТИКОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ,
ПЛАНУВАННЯ І ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТІВ»

(для студентів 5 курсу денної форми навчання
за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво»)

(Рос. мовою)

Укладачі: Таранов Валентин Георгійович,
Александрович Вадим Анатолійович

Відповідальний за випуск

В авторській редакції

Комп'ютерне верстання *Н. В. Зражевська*

План 2011, поз. 27 М

Підп. до друку 14.04.2012

Друк на ризографі

Зам. №

Формат 60×84 1/16

Ум.-друк. арк. 1,5

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК №4064 від 12.05.2011