

*МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Автомобильный транспорт и автосервис»

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Типаж и эксплуатация  
технологического оборудования»  
для студентов направления 190600.62

Курган 2016

Кафедра: «Автомобильный транспорт и автосервис»

Дисциплина: «Типаж и эксплуатация технологического оборудования»  
(направление 190600.62).

Составил: канд. техн. наук, доц. А.В. Савельев.

Утверждены на заседании кафедры « 22 » декабря 2015 г.

Рекомендованы методическим советом университета « 19 » декабря 2014 г.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

## ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ФУНДАМЕНТОВ И ОПОР

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение основных положений разработки оснований и фундаментов, способы крепления на них технологического оборудования.

### 2 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 Изучение общих положений по работе.

2 Изучение эксплуатационно-технической документации анализируемого оборудования.

3 Расчет основных элементов фундамента технологического оборудования.

4 Разработка установочного чертежа технологического оборудования, рекомендаций по совершенствованию оборудования.

### 3 МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1 Комплект нормативно-справочной документации по моделям технологического оборудования.

2 Персональный компьютер.

### 4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При изготовлении и приемке новых фундаментов под оборудование, а также при анализе возможности использования фундаментов, на которых ранее (например, до реконструкции цеха) уже было установлено оборудование, подлежащее замене или модернизации, может возникнуть необходимость проверки их соответствия определенным требованиям, например: допустимым геометрическим, высотным отклонениям их элементов; устойчивости к опрокидыванию и скольжению; устойчивости против резонанса и вибрации.

При проектировании фундаментов определяют их размеры в плане (опорную площадь основания) (рисунок 1), координаты расположения колодцев под анкерные болты, уступов, каналов и т. п. под конструктивные элементы оборудования, трубопроводы и др., общую высоту и высоту заглубления фундамента в грунте.

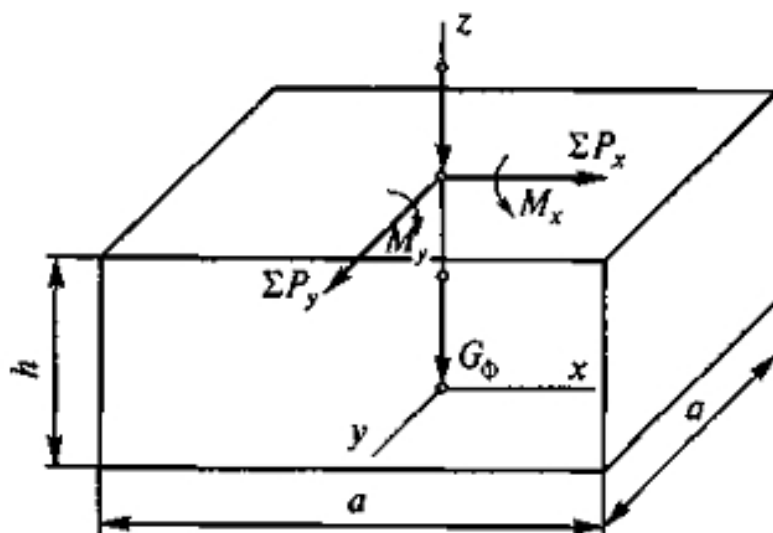


Рисунок 1 – Расчетная схема при проектировании фундамента

Опорную площадь основания фундамента определяют предварительно с учетом размеров оборудования в плане и окончательно с учетом нагрузки на грунт и категории грунта.

Соответствие опорной площади основания нового или существующего фундамента  $F$  общей нагрузке на грунт, равной

$$G = G_{\phi} + G_o + G_m = G_o \cdot (1 + K) + G_m, \quad (1)$$

проверяется по зависимости:

$$F \geq \frac{G}{p}, \quad (2)$$

где  $G$ ,  $G_{\phi}$ ,  $G_o$ ,  $G_m$  – соответственно общая нагрузка на грунт, вес фундамента, оборудования, материалов и сырья;

$K$  – коэффициент соотношения весов фундамента и оборудования, принимаемый равным 0,6-1,5 для оборудования со статической и 2,0-3,0 с динамической нагрузкой;

$p$  – допускаемое удельное давление на грунт, определяемое по таблице 1.

Таблица 1 – Допускаемое давление на грунт

Вид грунта	Допускаемое давление на грунт $p$ , МПа, (кгс/см <sup>2</sup> )
Песок мелкий, сухой, плотный	0,35 (3,5)
Песок мелкий, влажный, плотный	0,2-0,3 (2-3)
Супесок сухой, средней плотности	0,2 (2,0)
Супесок влажный, средней плотности	0,15 (1,5)
Глина в пластическом состоянии	0,1-0,25 (1,0-2,5)

Соответствие действительной высоты фундамента ( $h_d$ ) требуемой ( $h_T$ ) проверяют путем их сравнения, причем ( $h_T$ ) определяют по формуле

$$h = \frac{G_\phi}{F\gamma} \geq h_d, \quad (3)$$

где  $\gamma$  – удельный вес материала фундамента;

$G_\phi = G_o \cdot K$  – согласно формуле (1).

Проверка фундаментов на устойчивость выполняется путем сравнения расчетного  $K_{ур}$  и допустимого  $K_{уд}$  коэффициентов устойчивости, т. е.

$$K_{ур} \geq K_{уд}. \quad (4)$$

При этом значение  $K_{уд} \geq 1,8-2,0$ .

Расчетный коэффициент устойчивости определяется по выражению

$$K_{ур} = \frac{M_{ук}}{M_{ок}}, \quad (5)$$

где  $M_{ук}$ ,  $M_{ок}$  – соответственно моменты устойчивости и опрокидывания фундамента относительно его  $k$ -го ребра (рисунок 1), равные

$$M_{ук} = 0,5l_m \left( \sum P_z + G_\phi \right), \quad (6)$$

$$M_{ок} = M_j + \sum P_j \cdot h, \quad (7)$$

где  $l_m$  – длина ребра  $m$ , перпендикулярного  $k$ -му ребру;

$\sum P_z$ ,  $\sum P_j$  – соответственно суммарные усилия, воспринимаемые фундаментом со стороны оборудования в направлении вертикальной оси  $Z$  и оси, перпендикулярной  $k$ -му ребру фундамента;

$M_j$  – крутящий момент, действующий на фундамент со стороны оборудования относительно оси, параллельной  $k$ -му ребру.

Проверку фундамента против скольжения определяют путем сопоставления силы  $P_{уд}$ , удерживающей его от скольжения по грунту, и силы  $P_{сд}$ , стремящейся сдвинуть его, по условию:

$$P_{уд} \geq P_{сд} \cdot K_{сд}, \quad (8)$$

где  $K_{сд}$  – коэффициент запаса на сдвиг фундамента, принимаемый в пределах 2,0-2,5;

$P_{уд}$  – сила, удерживающая фундамент от скольжения, равная:

$$P_{уд} = (\sum P_z + G_{\phi}) \cdot f, \quad (9)$$

где  $P_z$  – сила, сдвигающая фундамент, равная равнодействующей всех усилий, действующих в плоскостях, параллельных плоскости сдвига;

$f$  – коэффициент трения подошвы фундамента по грунту, принимаемый для сухого фундамента равным 0,5, мокрого – 0,3, а при наличии вибрации фундамента – 0,2.

Устойчивость фундаментов против резонанса проверяется путем расчета и сопоставления частот колебаний  $f_v$ , возбуждаемых оборудованием (вынужденных колебаний), и частот собственных колебаний  $f_c$  станины, фундамента и грунта, на котором он установлен. Частоты вынужденных и собственных колебаний должны отличаться более чем в 2,5 раза.

С целью снижения величины и частоты динамических сил, передаваемых виброактивной системой (машиной) на другую, защищаемую от вибрации систему, оборудование подлежит виброизоляции посредством виброизоляторов. На практике получили распространение следующие виброизоляторы:

а) отдельные опоры: пружинные виброизоляторы, основным рабочим элементом которых являются одна или несколько стальных винтовых цилиндрических или конических пружин (параллельно с пружинами иногда устанавливают демпферы колебаний); резиновые или резинометаллические виброизоляторы, основным рабочим элементом которых является резиновое тело, нередко имеющее сложную форму; пневматические виброизоляторы, обычно регулируемые; виброизоляторы из тонкой пресованной стальной проволоки («металлическая резина»);

б) слой упругого материала, укладываемого между машиной и фундаментом;

в) пол на упругом основании (обычно применяется при установке оборудования на перекрытиях зданий).

Для оценки эффективности виброизоляции используются различные критерии, наиболее важный из которых называют виброизоляцией (ВИ). Для гармонического процесса колебаний этот критерий определяется соотношением:

$$ВИ = 10 \lg \frac{V_{\phi ж}^2}{V_{\phi в}^2}. \quad (10)$$

В выражении (10)  $V_{\phi ж}$  и  $V_{\phi в}$  представляют собой при установке машины на виброизоляторах – амплитуды колебательной скорости фундамента машины в характерных точках (или усредненные по нему) при жестком креплении машины и через виброизоляторы соответственно; при применении пола на упругом основании – средние значения колебательной скорости несущей плиты перекрытия при жестком креплении машины к ней и при жесткой установке машины на полу на упругом основании; при одновременном применении пола на

упругом основании и виброизоляторов – средние значения колебательной скорости несущей плиты перекрытия при жестком креплении машины к ней и после установки машины на виброизоляторах и полу на упругом основании.

При «абсолютно жестком» фундаменте, когда  $V_{фв} = V_{фж} = 0$ , виброизоляцию определяют также соотношением:

$$ВИ = 10 \lg \frac{F_{фж}^2}{F_{фв}^2}, \quad (11)$$

где  $F_{фж}$  и  $F_{фв}$  – амплитуды динамических сил, передаваемых на фундамент при жесткой и виброизолированной установке машины на него.

Используют также методы расчета, а затем сравнения, критерия виброизоляции через импедансы машины, фундамента, виброизоляции и характеристические коэффициенты четырехполюсника (машины, виброизоляторы, элементы, представленные массами, рассматриваются как механические четырехполюсники).

Размеры колодцев (отверстий) под фундаментные (анкерные) болты должны соответствовать типу болтов и условию их прочного закрепления в фундаменте.

При определении глубины колодца можно руководствоваться следующими данными: нижняя точка болта должна находиться от подошвы фундамента на расстоянии не менее 100-150 мм; глубина заделки в бетон болта прямого примерно должна быть равной 20-30 его диаметрам, болта изогнутого (с крюком на конце) – 15-20 диаметрам, съемного болта с анкерными плитами – 400-500 мм.

Перед началом монтажа фундаменты должны отвечать определенным требованиям, нормам точности для установки и крепления на них оборудования. Точность закладки фундаментных болтов определяется установочным чертежом рамы тормозного стенда для разметки колодцев под фундаментные болты (рисунок 2).

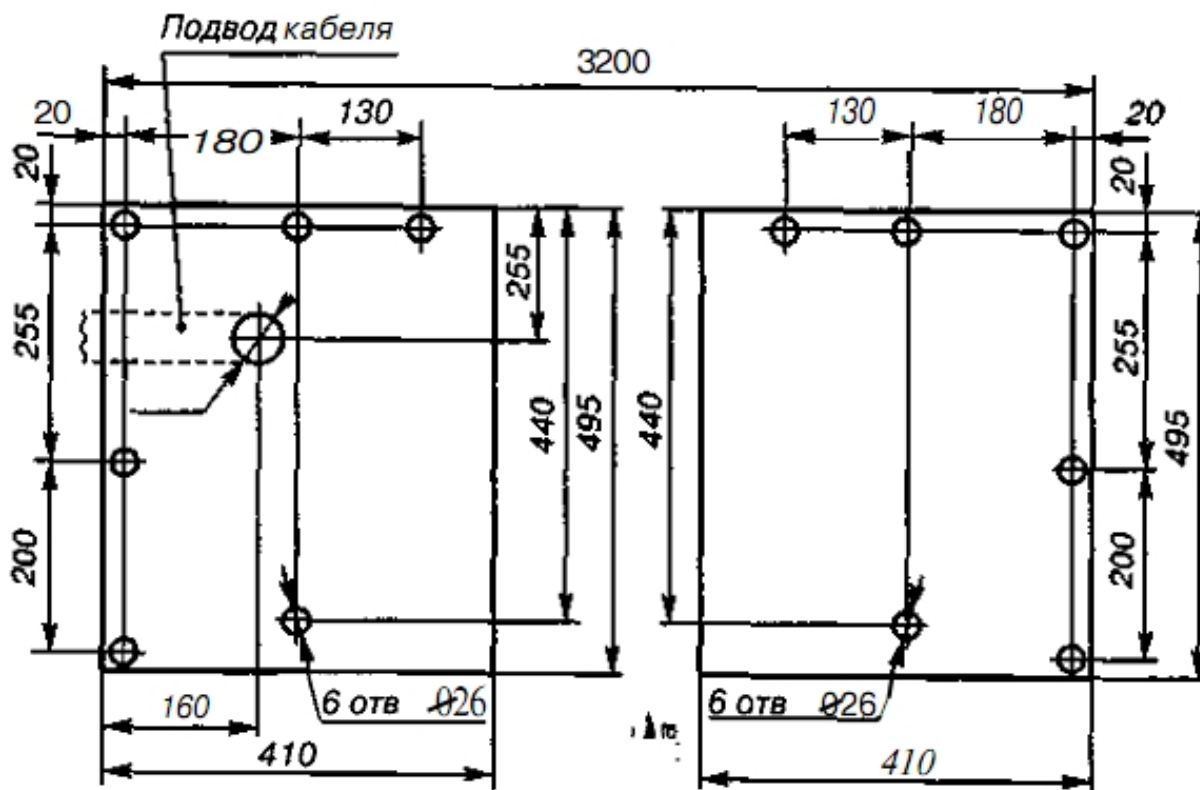


Рисунок 2 – Установочный чертеж тормозного стенда

Допустимые отклонения элементов фундаментов от проектных значений представлены в таблицах 2–4.

Различают два способа установки оборудования на фундамент – без подливки раствором и с подливкой раствором.

Так, фундаменты под оборудование, устанавливаемое без последующей подливки раствором, должны сооружаться на полную проектную отметку и сдаваться под монтаж с выверенной поверхностью.

Способ установки оборудования на фундамент «с подливкой раствором» заключается в том, что оборудование предварительно выставляется над готовым основным фундаментом на временных монтажных опорах, выверяется на горизонтальность и вертикальность, наживляются гайки на фундаментные болты, устанавливается опалубка. Затем производится подливка раствором бетона фундамента и после его застывания – окончательная затяжка гаек фундаментных болтов.

Таблица 2 – Допустимые отклонения элементов сборных железобетонных фундаментов и оснований

Наименование показателя, отклонения	Допуск, мм
Высотных отметок верхних опорных поверхностей элементов фундаментов от проектных	-10
Высотных отметок дна стаканов фундаментов от проектных	-20
Осей фундаментных болтов и стаканов фундаментов	13



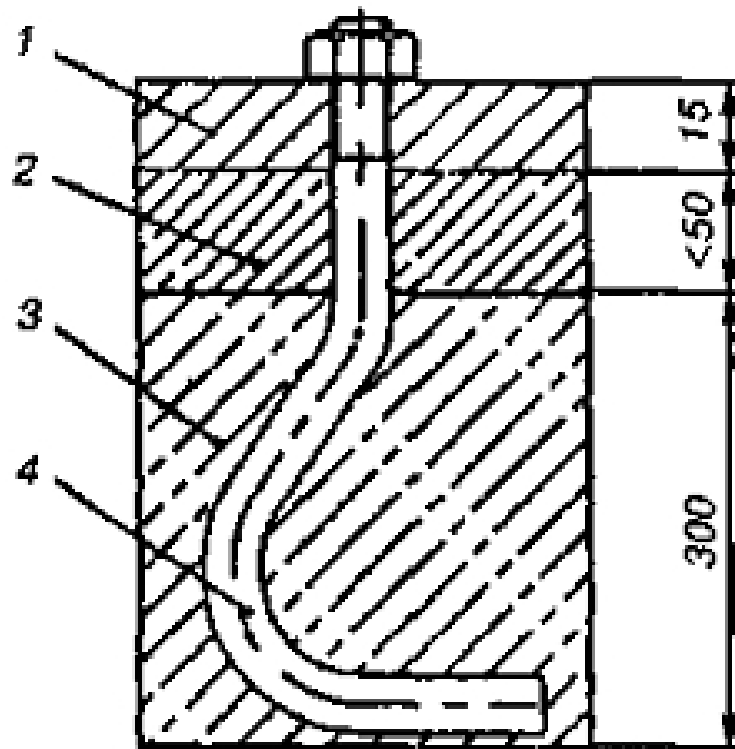
Таблица 3 – Допустимые отклонения элементов монтажных бетонных и железобетонных фундаментов

Наименование показателя, отклонения	Допуск, мм
Верхних поверхностей от горизонтали на всю плоскость	±20
Вертикальных поверхностей от вертикали и линий их пересечения по всей высоте	±20
Осей фундаментных болтов, расположенных: внутри контура опоры монтируемого элемента	5
вне контура опоры монтируемого элемента	10

Таблица 4 – Допустимые отклонения элементов фундаментов под технологические металлоконструкции и положения анкерных болтов

Наименование показателя	Допуск, мм
Установочных поверхностей на фундаменте, возведенном до проектной отметки: по высоте уклону на 1 м	±5 1
Верхней поверхности выверенной и подлитой стальной плиты: по высоте уклону на 1,5 м	±1,5 1
Осей фундаментных болтов, расположенных: внутри контура опоры монтируемого элемента	5
вне контура опоры монтируемого элемента	10
Высотных отметок торцов фундаментных болтов	+20
Длина резьбы фундаментных болтов	+30

Для способа «с подливкой раствором» верхняя плоскость фундамента выполняется на 50-80 мм ниже проектной отметки опорной поверхности или выступающей части монтируемых изделий. На рисунке 3 изображена схема установки оборудования на фундамент по способу «с подливкой раствора».



1 – опора оборудования; 2 – слой подливки раствора бетона;  
3 – основной фундамент; 4 – фундаментный болт

Рисунок 3 – Схема установки оборудования на фундамент по способу «с подливкой раствора»

## 5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 Изучить основные положения разработки оснований и фундаментов под установку технологического оборудования.

2 Представить схематично вид фундамента или основания под выбранный вид технологического оборудования.

3 Представить схематично способы крепления оборудования к основаниям.

4 Дать описание характерных особенностей выбранных типов оснований и фундаментов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Типаж и техническая эксплуатация оборудования предприятий автосервиса [Текст] : учебное пособие для вузов / В. А. Першин [и др.]. – Ростов н/Д. : Феникс, 2008. – 413 с.

2 Кирсанов, Е. А. Основы конструкции, расчета и эксплуатации технологического оборудования для АТП [Текст] : учебное пособие / Е. А. Кирсанов, С. А. Новиков. – М., 1993. – Ч.1 – 80 с.

3 Васильев, В. И. Основы проектирование технологического оборудования автотранспортных предприятий [Текст] : учебное пособие / В. И. Васильев. – Курган : КМИ, 1992. – 88 с.

Савельев Алексей Викторович

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Типаж и эксплуатация  
технологического оборудования»  
для студентов направления 190600.62

Редактор: О.Г. Арефьева

---

Подписано в печать	Формат 60×84 1/16	Бумага 65 г/м <sup>2</sup>
Печать цифровая	Усл. печ.л. 0,75	Уч.-изд. л.0,75
Заказ	Тираж 25	Не для продажи

---

РИЦ Курганского государственного университета.  
640000 г. Курган, ул. Советская, 63/4.  
Курганский государственный университет.