

УДК 004

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ ПОД ОБОРУДОВАНИЕ

Синицына О.В.

к.т.н., доцент, декан факультета строительства и архитектуры

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,

Киров, Россия

Савиных Н.А.

Магистрант

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Киров, Россия

Аннотация

В статье представлена классификация современных фундаментов под оборудование, приведены основные способы борьбы с вибрационным воздействием, рассмотрены современные технологические требования по их устройству и обеспечению контроля качества при возведении. Представлены результаты работы по исследованию влияния вибрации до и после устройства виброизолирующего от внешних источников фундамента, разработанного под установку на него виброчувствительного оборудования.

Ключевые слова: фундамент, оборудование, строительство, виброизоляция, технология возведения.

FEATURES OF THE DEVICE FOUNDATIONS FOR EQUIPMENT

Sinitsina O.V.

Ph. D., associate Professor, Dean of the faculty of construction and architecture

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University» (FSBEI HE «VyatSU»),

Kirov, Russia

Savinyh N.A.

Master student

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University» (FSBEI HE «VyatSU»),

Kirov, Russia

annotation

The article presents the classification of modern foundations for equipment, provides the main methods of dealing with vibration exposure, considers modern technological requirements for their design and quality control during construction. The paper presents the results of work on the study of the influence of vibration before and after the installation of a foundation that is vibration-insulating from external sources, developed for the installation of vibration-sensitive equipment on it.

Keywords: foundation, equipment, construction, vibration isolation, the construction technology.

В настоящее время происходит интенсивное обновление оборудования и технологических линий на промышленных предприятиях, в существующих цехах устанавливаются станки, технологические линии, счетно-вычислительные машины, которые могут быть чувствительными к динамическому воздействию. К фундаментам под такое оборудование предъявляются следующие требования: они должны обеспечивать общую прочность и устойчивость оснований конструкций технических механизмов, воспринимать статическую и динамическую составляющую нагрузок от оборудования и обладать устойчивостью к воздействию агрессивной технологической среды. Фундамент

под оборудование должен снижать влияние вибраций и ударных воздействий, до допустимого уровня при передаче на основание или опорную конструкцию. Прочность и химическая стойкость материала фундамента напрямую зависит от технологического процесса и режима эксплуатации.



Рис. 1 – Классификация фундаментов под оборудование

По конструктивным особенностям фундаменты разделяют (рис. 1) на массивные, рамные, ленточные и сплошные. Массивные фундаменты

представляют собой сплошные блоки или плиты. Данные фундаменты могут быть бесподвального и подвального типа, ступенчатыми опорами, в зависимости от вида устанавливаемого оборудования на них. При установке механизмов на уровне нижнего этажа здания выполняют фундаменты бесподвального типа, отличающиеся отсутствием развитой надземной части и способностью гасить вибрации.

Рамные фундаменты конструктивно представляют собой пространственную многостоечную жесткую железобетонную или частично стальную раму, которая надежно закреплена при помощи стоек в мощную опорную плиту. Данное основание характеризуется тем, что способно хорошо переносить колебания с высокой частотой. По этой причине очень часто применяется для монтажа механизмов, у которых наблюдается ударный принцип действия. Оборудование в данном случае устанавливается на верхние горизонтальные элементы рамы. Рамные фундаменты могут быть выполнены как железобетонным, так и смешанными, например со стальными стойками и железобетонными ригелями.

По компоновке оборудования можно выделить индивидуальные, групповые и спаренные фундаменты. Индивидуальные фундаменты изготавливают для одного агрегата. Групповые фундаменты сооружают для нескольких агрегатов, работающих в единой технологической цепи. При этом у них должна быть жесткая станина, нормальная точность работы, а эксплуатироваться они должны в основном в статическом режиме.

С точки зрения восприятия вибраций, различают два вида фундаментов: низконастроенные и высоконастроенные. Низконастроенными называются фундаменты с основной частотой собственных колебаний, лежащей ниже рабочего числа оборотов смонтированного оборудования. В высоконастроенных

фундаментах основная частота собственных колебаний превышает число оборотов смонтированного оборудования. Низконастроенный рамный фундамент воспринимает усилия от машины и, благодаря своей упругости, гасит существенную долю энергии колебаний, передавая лишь ее остаток массивной нижней фундаментной плите, которая окончательно гасит колебания.

Также осуществляется классификация фундаментов по применяемым материалам и степени сборности.

Вибрации станков и машин (динамические нагрузки на основание) обязательно учитываются при проектировании фундамента. В целях снижения величины вибрации до допустимых нормативных значений оборудование устанавливается на рассчитанные виброизолирующие опоры или специально оборудованные фундаменты. Можно выделить два вида виброизоляции: активную и пассивную. При активной виброизоляции используется дополнительный источник энергии, возбуждающий колебания, обратные по фазе. В случае пассивной используется виброизоляция, не требующая использования дополнительного источника энергии. Виброизоляция стационарного оборудования осуществляется путем его установки на массивный фундамент и устройством с боковых сторон фундамента в грунте акустических разрывов, заполняемых пористыми материалами, а в нижней части - акустического шва с упругой прокладкой.

Для снижения повышенной вибрации возможно использование активной виброизоляции в виде стальных пружинных элементов, демпферов, прокладок из резины и специальных виброизоляционных материалов. Применяются и комбинированные амортизаторы: пружинно-резиновые, пневморезиновые, гидрошарнирные.

Срок службы пружинных виброизоляторов значительно превышает срок службы установленного на них оборудования в случае соответствующей защиты от коррозии.

В ходе эксплуатации на фундамент также могут негативно влиять такие вещества, как смазочные, жидкости для охлаждения устройств, масла технического назначения, топливо. Потому следует предусмотреть использование особых добавок, повышающих устойчивость к воздействию агрессивной среды.

Таким образом, фундамент под оборудование, отличается от стандартных вариантов конструкций: габаритами; необходимостью защиты от негативного влияния различных видов нагрузок и процессов; агрессивностью рабочей среды. Работы по возведению должны выполняться в точном соответствии с нормативами и техническими условиями. Необходимо проводить своевременный контроль качества технологических процессов и поступающих материалов на строительную площадку.

Современные требования по устройству фундаментов под оборудование содержатся в следующих нормативно-технических документах: СП 22.13330 Основания здания и сооружений [6], СП 70.13330 Несущие и ограждающие конструкции [7], СП 48.13330 Организация строительства [8], СП 45.13330 Земляные сооружения, основания и фундаменты, СТО 221 НОСТРОЙ 2.6.54 Конструкции монолитные бетонные и железобетонные [9], СТО НОСТРОЙ 2.6.208 Конструкции железобетонные. Устройство фундаментов особых видов [5], СП 71.13330 Изоляционные и отделочные покрытия, СП 49.13330 Безопасность труда в строительстве [10].

Строительный контроль производства работ должен выполняться в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 21 июня 2010г. №468,

который делится на: входной, операционный и оценку соответствия выполненных работ требованиям проекта и технических регламентов. Перечень контролируемых показателей, допустимые отклонения и методы контроля должны соответствовать заданным в проекте и требованиям СТО НОСТРОЙ 2.6.208-2016 [5].

Работы при устройстве фундаментов под оборудование включают: разработку котлована; подготовку основания; устройство гидроизоляции; строительно-монтажные работы; оценку соответствия выполненных работ проектной документации и техническим регламентам. Отклонения отметок дна котлована в местах устройства фундаментов и укладки конструкций не должны превышать ± 5 см. Устройство основания следует производить после зачистки дна котлована, при наличии акта о приемке котлованов с грунтовым основанием.

Строительно-монтажные работы при возведении фундаментов под оборудование производят после приемки основания и подготовки под фундамент и включают работы по устройству опалубки, арматурные и бетонные работы.

Выбор типа применяемой опалубки осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 52085 (приложение А) [11]. Расчет комплекта опалубки производится с учетом принятой организационно-технологической схемы производства работ, темпа бетонирования и сроков достижения распалубочной прочности бетона. Предельные отклонения монтажа опалубки: отклонения плоскостей опалубки от вертикали не должны превышать 5 мм на 1 м высоты; смещение осей опалубки от проектного положения – 10 мм; местные неровности при проверке двухметровой рейкой – 3 мм. В процессе бетонирования необходимо вести визуальный контроль за состоянием опалубки и креплений. Для предотвращения деформации опалубки устанавливаются дополнительные опоры. Разборка

опалубки осуществляется по достижении бетоном указанной в проекте распалубочной прочности.

При проведении арматурных работ порядок установки арматуры производится с учетом схемы бетонирования. В соответствии с проектом производится временное крепление арматурных каркасов. Стыки рабочей арматуры и сварных сеток выполняется в соответствии с требованиями СП 63.13330 [12]. Для установки анкерных болтов используются шаблоны, чтобы исключить возможность недопустимых отклонений от проектного положения. Производится проверка каждого фундаментного болта. Величина отклонений расположения анкерных болтов: в плане внутри контура опоры – 5; в плане вне контура опоры – 10; по высоте - +20. Анкерные болты следует предохранять от загрязнения бетоном. В массивных фундаментах установка болтов производится после выполнения бетонных работ в устроенные выемки. Смещение арматурных стержней в арматурных сетках и каркас, как и при их установке не должно превышать 0,25 диаметра устанавливаемого стержня, но не более 0,2 наибольшего диаметра стержня.

При выполнении бетонных работ у места приготовления и укладки контролируется подвижность или жесткость бетонной смеси в соответствии с СП 70.13330 [7]. Способ подачи бетонной смеси и технологический регламент бетонирования должны отвечать требованиям СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 (с изм.1) [9]. Для предотвращения температурно-усадочных трещин массивные плиты бетонируют отдельными блоками. При выборе способа подачи бетонной смеси необходимо учитывать требования по обеспечению для нее: допустимой высоты сбрасывания; минимизации перегрузок; защиты от атмосферных осадков; требуемой температуры при укладке в опалубку в зимнее время. Операционный контроль устройства гидроизоляции заключается в

соблюдении проектных решений и выполнении регламента, разработанного в ППР.

Оценка соответствия законченных конструкций фундаментов требованиям проекта осуществляется согласно СП 70.13330 (раздел 5.18) [7] на соответствие: фактических геометрических параметров конструкций фундаментов рабочим чертежам; свойств бетона проектным; применяемых в конструкции материалов, полуфабрикатов и изделий требованиям проектной документации по данным входного контроля технической документации.

Работы по устройству виброизоляции проводятся в соответствии с требованиями СП 254.1325800 [13]. При установке оборудования на металлоконструкции к ним крепятся виброизоляторы. Элементы, к которым крепятся виброизоляторы, должны совпадать с соответствующими элементами рамы оборудования. При установке на жесткое основание станина оборудования должна плотно прилегать к изолирующим прокладкам. При устройстве виброизоляторов производится такие работы как установка основания оборудования с последующей установкой под него виброизоляторов, установка самого оборудования, регулировка и окончательное крепление виброизоляторов. При проведении этих работ необходимо предусмотреть равномерную осадку и прочность крепления виброизоляторов к основанию оборудования. Критерии неблагоприятного внешнего воздействия устанавливаются Государственными стандартами (ГОСТ 12.1.012 [14]) и Санитарными нормами (СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [15]), которые для случая вибраций регламентируют предельно-допустимые уровни колебаний ограждающих конструкций рабочих мест.

Авторами выполнена работа по разработке конструкции и технологии устройства виброизолирующих от внешних (технологических) воздействий фундаментов под виброчувствительное оборудование. Фундаменты, спроектированы и выполнены в производственном корпусе ООО "ПК Киров-

Тайр" в г. Кирове на перекрытии первого этажа промышленного здания (расположение связано с технологическим процессом). В ходе разработки особое внимание уделялось процессу передачи динамического воздействия от внешних источников вибрации на установленное оборудование. По конструктивным особенностям устраиваемые фундаменты относятся к плитным сплошным. Виброизоляция в данном случае обеспечивалась использованием эластомерных вибродемпфирующих пластин и является пассивной, конструкция фундамента представлена на Рис.2.

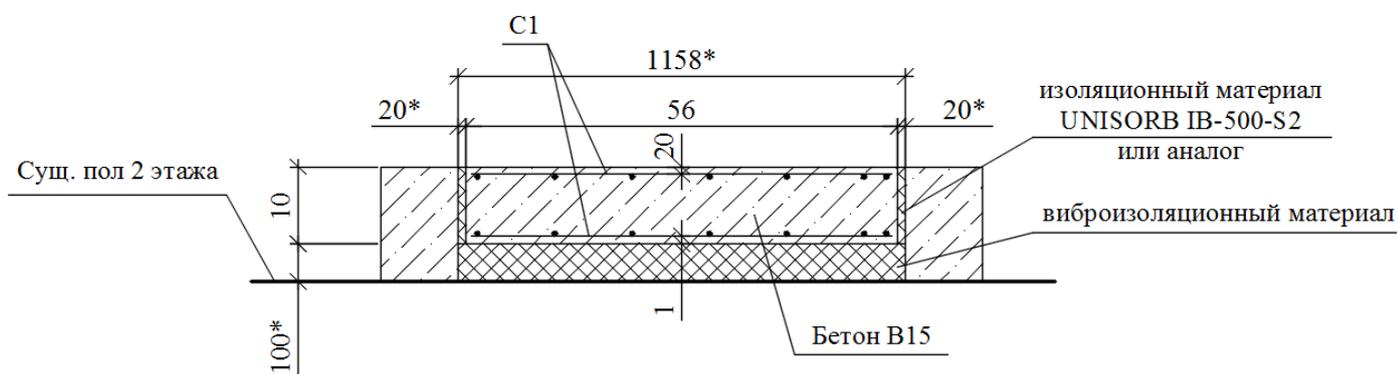


Рис.2 Виброизоляция фундамента в корпусе №37 ООО ПК «Киров Тайр»

В ходе проведения работ по проектированию были выполнены исследования по измерению виброскорости на действующем оборудовании до переноса на перекрытие второго этажа и устройства там виброизолирующих фундаментов, результаты измерений представлены таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерения виброскорости на фундаментах действующего оборудования.

Тип оборудования	№ испытания	Направление измерения	Виброскорость, мм/с при частоте, Гц									
			2	4	8	10	18.5	33	44	62.5	96.5	100
ASTEC	24	z	0.105	0.025	0.01	0.043	0.007	0.002	0.001	0	0.001	0
ASTEC	4	z	0.053	0.029	0.034	0.053	0.044	0.04	0.097	0.229	0.266	0.045
AKRODYNE	25	z	0.122	0.02	0.059	0.04	0.01	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001
AKRODYNE	1	z	0.08	0.043	0.056	0.047	0.037	0.046	0.079	0.213	0.264	0.037

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Так же выполнено измерение виброскорости на участке перекрытия второго этажа в зоне планируемого монтажа оборудования. После установки оборудования производились замеры вибрации участка перекрытия второго этажа и смонтированных на виброизоляции фундаментов под оборудование. Контрольные измерения виброскорости (при работающем в здании технологическом оборудовании) показали, что уровни колебаний обследуемого перекрытия в горизонтальных направлениях вдоль и поперек здания в частотном диапазоне 0.5 – 33 Гц (рабочий диапазон устанавливаемого оборудования) имели очень малые величины, не превышающие 59 дБ по виброскорости по сравнению с уровнем колебаний в вертикальном направлении и не оказывают существенного влияния на работу оборудования.

Результаты измерений уровня колебаний при работающем внешнем оборудовании представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты измерения виброскорости на участке планируемого монтажа оборудования и смонтированных фундаментах.

Место измерения	№ испытания	Направл. изм.	Виброскорость, мм/с при частоте, ГЦ									
			2	4	8	10	18.5	33	44	62.5	96.5	100
Пол у фундаментов	4	z	0.058	0.076	0.035	0.079	0.014	0.008	0.003	0.002	0.001	0.001
	5	z	0.098	0.085	0.049	0.017	0.004	0.004	0.003	0.003	0.001	0.002
	6	z	0.081	0.036	0.068	0.032	0.013	0.003	0.001	0.000	0.001	0.002
Среднее		z	0.079	0.066	0.051	0.043	0.010	0.005	0.002	0.002	0.001	0.002
Фундамент под ASTEC	1	z	0.100	0.022	0.052	0.024	0.011	0.005	0.003	0.004	0.002	0.002
	2	z	0.010	0.043	0.020	0.019	0.003	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001
	3	z	0.051	0.041	0.018	0.019	0.009	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
Среднее		z	0.054	0.035	0.030	0.021	0.008	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002
Фундамент под AKRODYNE	7	z	0.015	0.050	0.032	0.037	0.009	0.003	0.003	0.005	0.003	0.002
	8	z	0.081	0.038	0.019	0.044	0.007	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002
	9	z	0.076	0.006	0.022	0.016	0.005	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
Среднее		z	0.057	0.031	0.024	0.032	0.007	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002

В ходе анализа уровня вибрации от внешних источников на перекрытии и на спроектированных фундаментах можно сделать вывод, что принятая конструкция фундамента и виброизоляционные материалы обеспечили снижение вибрационного воздействия на фундаменты (по низким частотам) на 30-50% по сравнению с вибрацией на перекрытии. По заключению производителя оборудования величины вибрации находятся в пределах допустимых для функционирования установок.

Библиографический список:

1. Вибрационная технология устройства подливки бетонной смеси под промышленное оборудование на заключительном этапе его монтажа, Романовский В.Н., автореф.дис.канд.техн.наук /С.-Петерб. ГАСУ, Санкт-Петербург, 2013
2. Малинкин А.С. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНИРОВАНИЯ ПОЛОСТИ ПОД ПРОМЫШЛЕННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ МЕТОДОМ НАГНЕТАНИЯ // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1.;
3. Скворцов Е.П. Влияние контурного армирования грунтового основания на снижение колебаний фундаментов с динамическими нагрузками// автореф.ТГАСУ. Томск, 2006
4. Лавелин В.Е., Ямов В.И. Активная виброизоляция фундаментов турбоагрегатов// Академический вестник УралНИИпроект РААСН, 2015
5. СТО НОСТРОЙ 2.6.208-2016 Конструкции железобетонные. Устройство фундаментов особых видов. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ
6. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений

7. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции
8. СП 48.13330.2011 Организация строительства
9. СТО 221 НОСТРОЙ 2.6.54-2015 Конструкции монолитные бетонные и железобетонные
10. СП 49.13330.2010 Безопасность труда в строительстве
11. ГОСТ Р 52085-2203 Опалубка. Общие технические условия
12. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции
13. СП 254.1325800 Здания и территории. Правила проектирования защиты от производственного шума
14. ГОСТ 12.1.012 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность
15. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы

Оригинальность 81%