ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ПОД МАШИНЫ С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

(СН 18-58)

Отменен с 1/VII-1971,
- БСТ N 10, 1970 г. с. 36
Взод. СНиП II-Б.7-70

МОСКВА — 1958

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ПОД МАШИНЫ С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

(СН 18-58)

Утверждены
Государственным комитетом Совета Министров СССР
по делам строительства
21 марта 1958 г.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ, АРХИТЕКТУРЕ
И СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ
МОСКВА — 1958

Редактор — инж. М. Ф. Ковальчук

Настоящие технические условия содержат указания по проектированию и расчету фундаментов под машины с динамическими нагрузками.

Технические условия разработаны Научно-исследовательским институтом оснований и подземных сооружений (НИИОСП) Академии строительства и архитектуры СССР и Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехнических и санитарно-технических работ (ВНИИГС) Министерства строительства РСФСР при участии научно-исследовательских институтов ЦНИИСК АСиА СССР и ТНИСГЭИ Министерства электростанций и государственных проектных институтов: *Гипромез*, *Теплоэлектропроект*, *Промстройпроект*, Фундаментпроект, Гипрокислород, ГИАП, Гипротяжмаш и Гипростанок.

С введением в действие настоящих технических условий утрачивают силу «Технические условия проектирования фундаментов под машины с динамическими нагрузками» (ТУ 60-49), утвержденные б. Министерством строительства предприятий тяжелой индустрии 26 мая 1949 г.

Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства	СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ Технические условия проектирования фундаментов под машины с динамическими нагрузками	СН 18-58 Взамен ТУ 60-49 МСПТИ

I. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

1. Настоящие технические условия распространяются на проектирование фундаментов, возводимых на естественных и свайных основаниях, под следующие виды машин:

а) машины с кривошипно-шатунными механизмами (дизели, поршневые компрессоры, мотор-компрессоры, лесопильные рамы);

б) турбоагрегаты (турбогенераторы, турбокомпрессоры, турбовоздуходувки) и электрические машины (моторгенераторы и синхронные компенсаторы);

в) кузнечные молоты (ковочные и штамповочные);

г) прокатное оборудование;

д) копры для разбивки скрапа;

е) дробильное оборудование и мельничные установки;

ж) металлорежущие станки.

2. При проектировании фундаментов под машины надлежит руководствоваться указаниями II части «Строительных норм и правил» (СНиП) и соответствующих норм и технических условий проектирования конструкций и естественных оснований, а также указаниями настоящих технических условий.

При проектировании фундаментов для сейсмических районов, а также для районов распространения макропористых просадочных или вечномерзлых грунтов надлежит учитывать требования соответственно «Норм и пра-

Внесены Академией строительства и архитектуры СССР	Утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 21 марта 1958 г.	Срок введения 1 июля 1958 г.

вил строительства в сейсмических районах» (СН 8-57), «Норм и технических условий проектирования и строительства зданий и промышленных сооружений на макропористых просадочных грунтах» (НиТУ 137-56) и «Норм и технических условий проектирования естественных оснований и фундаментов зданий и сооружений в районах вечной мерзлоты» (НиТУ 118-54).

3. Фундаменты должны быть запроектированы так, чтобы они удовлетворяли условиям прочности, устойчивости и экономичности и чтобы амплитуды вынужденных или собственных колебаний фундаментов удовлетворяли требованиям, установленным соответствующими разделами настоящих технических условий для каждого вида машин.

4. Рекомендуется устройство *активной виброизоляции* фундаментов под кузнечные молоты, машины с кривошипно-шатунными механизмами и дробильное оборудование в случаях, когда необходимо устранить вызываемые работой указанных машин:

а) недопустимые колебания и сотрясения расположенных по соседству машин и приборов;

б) недопустимо неблагоприятные воздействия колебаний на людей, находящихся в расположенных поблизости производственных, служебных или жилых помещениях;

в) недопустимые колебания и сотрясения конструкций зданий и сооружений при работе кузнечных молотов, приводящие к нарушению прочности или деформациям этих конструкций.

При установке станков и приборов, чувствительных к вибрациям основания, вызываемым работой машин, рекомендуется применение пассивной виброизоляции.

Применение виброизоляционных устройств без расчета не допускается.

Примечание. При проектировании и расчете виброизоляции фундаментов можно руководствоваться «Инструкцией по проектированию и расчету виброизоляции машин с динамическими нагрузками и оборудования, чувствительного к вибрациям» (И 204-55/МСПМХП).

1. СОСТАВ ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

5. Задание на проектирование фундаментов должно содержать:

а) техническую характеристику машины, требуемую соответствующими разделами настоящих технических условий для каждого вида машин, в том числе данные о нагрузках;

б) чертежи габаритов верхней части фундамента (в пределах расположения машин, элементов ее крепления, вспомогательного оборудования и коммуникаций) с указанием расположения и размеров выемок, каналов и отверстий (для анкерных болтов, закладки труб и других деталей, необходимых для подвода к машине электроэнергии, воды, пара, воздуха, смазки и т. п.), размеров подливки и пр., а также чертежи расположения и деталей заделки: анкерных болтов, закладных частей, обортовок и т. п., со спецификацией;

в) чертежи всех коммуникаций, примыкающих к фундаментам оборудования и проходящих через них;

г) данные о геологии и гидрогеологии участка;

д) физико-механические свойства грунтов, являющихся основанием фундамента машины;

е) привязку проектируемого фундамента к зданию и, в частности, к фундаментам последнего.

2. МАТЕРИАЛЫ ФУНДАМЕНТОВ

6. Для возведения фундаментов под машины применяют бетон, железобетон, бутобетон и в отдельных случаях кирпичную кладку на цементном растворе.

Применение того или иного материала регламентируется разделами II—VIII настоящих технических условий.

3. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

7. Размеры и форму верхней части фундамента (п. 5, «б») назначают в соответствии с чертежами, представленными заводом-изготовителем машины; конструкцию нижней части фундамента устанавливают в соответствии с расчетом при проектировании.

В целях облегчения конструкций (уменьшения размеров) фундаментов или их типизации допускается изменять приведенные в чертежах габаритов фундаментов (п. 5, «б») расположение вспомогательного оборудования и коммуникаций, а также глубину заделки анкерных болтов; при этом все эти изменения и новые габаритные размеры фундаментов должны быть согласованы с заводом-изготовителем машины и увязаны с технологической частью проекта цеха (предприятия).

Наименьшую глубину заделки каждого анкерного болта устанавливают по действующему в нем усилию или,

если это усилие не известно, — по величине усилия, определяемого по несущей способности болта на разрыв.

Наименьшее расстояние от нижних концов наиболее глубоко заделанных анкерных болтов до подошвы фундамента или верха проема принимают равным 150 *мм*.

Для уменьшения глубины заложения фундамента и уменьшения давления на грунт целесообразно, когда это возможно, уменьшение высоты фундамента за счет развития площади его подошвы.

8. Глубину заложения фундаментов под машины назначают в зависимости от:

а) размеров и конструкции, фундамента, расположенных рядом с фундаментом каналов, ям и т. п., глубины заложения фундаментов примыкающих установок, конструкций здания и пр.;

б) геологических и гидрогеологических условий строительной площадки, при этом в случае установки машин под открытым небом или в неотапливаемых помещениях учитывают глубину промерзания грунта в соответствии с указаниями НиТУ 127-55.

Глубину заложения фундаментов под машины назначают независимо от влияния вибраций основания на конструкции зданий; расположение подошв фундаментов машины и здания на разных отметках практически не оказывает влияния на интенсивность передачи вызываемых работой машины вибраций через грунт на здание.

9. При наличии в основании фундамента под машины с динамическими нагрузками слабых грунтов (торфянистых, насыщенных водой глинистых, илистых и т. п.) слоем небольшой мощности этот слой грунта следует заменять тщательно утрамбованной песчаной подушкой. При большой мощности слоев слабых грунтов применяют искусственное основание (например, сваи). Применение искусственного основания должно быть оправдано технической и экономической целесообразностью.

10. Допускается возведение фундаментов под машины с динамическими нагрузками (за исключением фундаментов под кузнечные молоты) на насыпных грунтах, если эти грунты не содержат гумуса, древесных опилок и стружек, органического мусора и тому подобных примесей, вызывающих большие деформации грунта при сжатии. Насыпной грунт должен быть тщательно уплотнен (тяжелыми трамбовками, вибрированием или другими способами).

Фундаменты бесподвального типа под машины и двигатели мощностью менее 500 *квт* допускается возводить на насыпных грунтах без искусственного уплотнения, если возраст насыпи не имеет двух лет при песчаных и пяти лет при глинистых грунтах.

11. Все места фундаментов, на которые возможно попадание технических масел, должны быть защищены штукатуркой с железнением, покраской, обмазкой жидким стеклом и тому подобными способами.

Если фундамент под машину должен быть заложен ниже горизонта грунтовых вод, обладающих свойствами агрессивности по отношению к материалу фундамента, должны быть приняты меры, предохраняющие последний от вредного воздействия этих вод (гидроизоляция, применение пуццоланового цемента, пуццолановых добавок и др.).

Если фундамент будет эксплуатироваться в условиях доступа жидкости или воды с вредными для материала фундамента химическими свойствами или примесями, то все части фундамента, доступные воздействию указанной воды или жидкости, должны быть защищены специальной изоляцией.

Мероприятия по защите фундаментов от агрессивных воздействий должны быть указаны на чертежах фундаментов.

12. Примыкающие к машине трубопроводы не следует крепить жестко к конструкциям здания, в противном случае необходимо предусматривать компенсирующие устройства. Паро- и воздухопроводы должны быть изолированы с таким расчетом, чтобы температура на наружной поверхности изоляции не превышала 50°; между поверхностью изоляции и телом фундамента должен быть оставлен воздушный просвет не менее 50 *мм*.

13. При конструировании железобетонных и бетонных элементов фундамента следует руководствоваться «Нормами и техническими условиями проектирования бетонных и железобетонных конструкций» (НиТУ 123-55) и указаниями, приведенными в соответствующих разделах для каждого вида машин; указания по конструктивному армированию фундаментов предусматривают применение круглой стали марки Ст.3; в случае замены стали марки Ст.3 сталью марки Ст.5 периодического профиля следует производить перерасчет площади сечения арматуры с сохранением принятого шага стержней сеток конструктивного

армирования; применение сталей более высоких марок для конструктивного армирования не рекомендуется.

14. При проектировании фундаментов следует учитывать требования к производству работ, изложенные в соответствующих разделах «Технических условий на производство и приемку строительных и монтажных работ», а также дополнительные требования к производству работ по устройству фундаментов под машины, приведенные в приложении 1.

Дополнительные требования к производству работ по возведению фундамента под данную машину должны быть приведены на чертежах фундамента этой машины.

4. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ФУНДАМЕНТОВ

15. Расчет фундаментов под машины должен включать проверку прочности основания, а также в случаях, предусмотренных соответствующими разделами настоящих технических условий для каждого вида машин, проверку прочности конструкций и определение амплитуд колебаний фундаментов.

16. Проверку прочности основания и расчет фундаментов на колебания производят на нормативные нагрузки, при этом давление на основание определяют только от статических нагрузок: веса фундамента, веса засыпки над его обрезами и веса установленного на фундамент оборудования.

Прочность отдельных элементов фундамента проверяют на нагрузки, величины которых в необходимых случаях указаны в соответствующих разделах настоящих технических условий.

17. При проектировании фундаментов под машины (кроме копров) необходимо стремиться к тому, чтобы общий центр тяжести фундамента и машины и центр тяжести площади подошвы фундамента находились на одной вертикали; в случаях опирания на фундамент разного рода конструкций общий центр тяжести фундамента и машины определяют с учетом веса конструкций, передающегося на фундамент; величины эксцентрицитетов не должны превышать для грунтов с расчетным сопротивлением до 1,5 $кг/см^2$ — 3%, а для грунтов с расчетным сопротивлением больше 1,5 $кг/см^2$ — 5% от размера той стороны подошвы фундамента, в направлении которой происходит смещение центра тяжести.

Примечания. 1. При проектировании фундаментов под турбоагрегаты и электрические машины величина эксцентрицитета допускается не более 3% для всех грунтов, кроме просадочных, для которых эксцентрицитет не допускается.

2. Для фундаментов под металлорежущие станки величина эксцентрицитета не нормируется.

18. Расчетное сопротивление $R_ф$ основания фундаментов машин принимают равным

$$R_ф = \alpha R, \qquad (1)$$

где R — расчетное сопротивление основания, устанавливаемое «Нормами и техническими условиями проектирования естественных оснований зданий и промышленных сооружений» (НиТУ 127-55), а в случае возведения фундаментов на макропористых грунтах — «Нормами и техническими условиями проектирования и строительства зданий и промышленных сооружений на макропористых просадочных грунтах» (НиТУ 137-56);

α — коэффициент, величину которого принимают согласно указаниям разделов II — V, VII и VIII настоящих технических условий.

19. Расчетные значения коэффициентов C_z упругого равномерного сжатия для естественных оснований устанавливают испытанием грунта, а при отсутствии данных испытаний принимают в зависимости от величины основного расчетного сопротивления грунта R согласно табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты упругого равномерного сжатия C_z

Расчетное сопротивление грунта R в $кг/см^2$	Коэффициенты упругого равномерного сжатия C_z в $т/м^3$
1	2000
2	4000
3	5000
4	6000
5	7000

Примечания. 1. Промежуточные значения C_z определяют по интерполяции.

2. Указанные в табл 1 значения C_z относятся к фундаментам, имеющим площадь подошвы более 10 $м^2$; для фундаментов меньших размеров значения C_z увеличивают умножением на $\sqrt{\frac{10}{F}}$,

где F — площадь подошвы фундамента в $м^2$.

20. Расчетные значения коэффициентов упругого неравномерного сжатия грунта C_φ и упругого равномерного сдвига грунта C_x принимают равными

$$C_\varphi = 2C_z \; т/м^3; \tag{2}$$

$$C_x = 0{,}7C_z \; т/м^3. \tag{3}$$

21. Расчетные значения коэффициентов жесткости K_z, K_τ и K_φ для естественных оснований определяют по формулам:

а) при упругом равномерном сжатии

$$K_z = C_z F \; т/м; \tag{4}$$

б) при упругом повороте подошвы фундамента относительно горизонтальной оси (неравномерное сжатие)

$$K_\varphi = C_\varphi J \; тм; \tag{5}$$

в) при упругом равномерном сдвиге

$$K_x = C_x F \; т/м; \tag{6}$$

здесь F и J — соответственно площадь в $м^2$ и момент инерции в $м^4$ подошвы фундамента.

22. Расчетное значение коэффициента жесткости для висячих свайных оснований при упругом равномерном сжатии определяют по формуле

$$K_z = uC' \; т/м, \tag{7}$$

где u — число свай под подошвой фундамента;

C' — коэффициент упругого сопротивления одной сваи в $т/м$, величину которого определяют по формуле

$$C' = \eta Sl, \tag{8}$$

S и l — соответственно периметр поперечного сечения и длина сваи в $м$;

η — коэффициент (зависящий от характера грунта), ориентировочное значение которого (при расстоянии между сваями 4—5 d, где d — диаметр или размер стороны поперечного сечения сваи) принимают:

а) $\eta = 750$ *т/м*^{3} — для пластичных слабых (с расчетным сопротивлением до 1 *кг/см*^{2}) глин и суглинков;

б) $\eta = 1\,000$ *т/м*^{3} — для мелких и пылеватых водонасыщенных песков;

в) $\eta = 2\,500$ *т/м*^{3} — для песков (кроме мелких и пылеватых водонасыщенных), а также для плотных глин, для лесса и лессовидных суглинков естественной влажности.

23. Расчетное значение коэффициента жесткости K_φ для висячих свайных оснований при упругом повороте подошвы фундамента относительно горизонтальной оси (неравномерное сжатие) определяют по формуле

$$K_\varphi = c' \sum_{i=1}^{n} r_i \, m_M, \tag{9}$$

где r_i — расстояние от оси сваи до оси вращения подошвы фундамента в *м*.

24. Расчетное значение коэффициента жесткости K_x при упругом равномерном сдвиге для свайных оснований принимают:

а) для деревянных свай — таким же, как и для естественного основания;

$$K_x = C_x F \; m/м; \tag{10}$$

б) для железобетонных свай

$$K_x = 2C_x F \; m/м, \tag{10'}$$

где F — площадь подошвы свайного ростверка в *м*^{2}.

II. ФУНДАМЕНТЫ ПОД МАШИНЫ С КРИВОШИПНО-ШАТУННЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

(дизели, поршневые компрессоры, мотор-компрессоры, лесопильные рамы и локомобили)

1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

25. Задание на проектирование фундаментов должно содержать материалы, перечисленные в п. 5, причем в техническую характеристику машины должны быть включены:

а) расположение и величины статических нагрузок, передающихся на фундаменты;

б) монтажный вес наиболее крупной детали машины и величина монтажной нагрузки, передающейся на фундамент;

в) число цилиндров, их расположение в плане и углы заклинивания кривошипов;

г) расстояние от оси главного вала машины до верхней грани фундамента;

д) рабочее число оборотов в 1 мин.;

е) неуравновешенные (возмущающие) нагрузки каждого кривошипно-шатунного механизма машины, частота которых равна частоте вращения вала машины (первые гармоники возмущающих нагрузок), а также момент короткого замыкания электродвигателя.

Примечания. 1. Углом заклинивания называется угол, образованный между первым кривошипом и каждым последующим.

2. В случае отсутствия данных, указанных в п. «е», в задании на проектирование должны быть приведены числовые характеристики кривошипно-шатунных механизмов машин, необходимые для вычисления динамических нагрузок, действующих на фундамент. Перечень этих характеристик и способы вычисления возмущающих нагрузок приведены в приложении 2.

3. Высшие гармоники возмущающих сил и моментов при расчете фундамента не учитывают.

2. МАТЕРИАЛЫ ФУНДАМЕНТОВ

26. Для устройства фундаментов под машины с кривошипно-шатунными механизмами применяют бетон марки не ниже 100; для тонкостенных элементов железобетонных конструкций применяют бетон марки 150.

Примечание. Для устройства массивных фундаментов под машины мощностью до 100 л. с. (выше уровня грунтовых вод) в отдельных случаях допускается применять кирпичную кладку из глиняного хорошо обожженного кирпича марки не ниже 100 на цементном растворе марки 50 и выше.

3. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

27. Фундаменты под машины с кривошипно-шатунными механизмами проектируют обычно массивными или стеновыми.

Массивные фундаменты применяют под машины, устанавливаемые на уровне пола первого этажа, когда высота надземной (цокольной) части фундамента незначительна.

Эти фундаменты выполняют в виде сплошного неармированного или армированного бетонного массива с необходимыми выемками, колодцами и отверстиями для размещения частей машины, оборудования и коммуникаций.

Стеновые фундаменты рекомендуется применять под машины, устанавливаемые на уровне пола цокольного этажа, используемого для размещения частей машины и коммуникаций (фундаменты под машины с «подвалом»). Эти фундаменты состоят из фундаментной плиты, продольных и поперечных стен и верхней горизонтальной железобетонной плиты (или рамы), к которой крепят детали машины. Конструкция верхней железобетонной плиты (рамы) фундамента должна быть жестко связана со стенами и обеспечивать жесткость фундамента в горизонтальной плоскости. При назначении размеров стеновых фундаментов следует руководствоваться данными завода-изготовителя машины и ориентировочными указаниями табл. 2.

Таблица 2

Ориентировочные размеры элементов стеновых фундаментов под машины с кривошипно-шатунными механизмами

№ п/п	Наименование элементов фундамента	Размер
1	Толщина стен	Не менее 600 *мм*
2	Толщина фундаментной плиты (подушки)	Не менее толщины стены
3	Вылет консольных участков нижней фундаментной плиты	Не более 2,5 толщины фундаментной плиты
4	Вылет консольных участков верхней плиты	Не более 2 *м*
5	Толщина верхней горизонтальной плиты	Не менее 100 *мм*

Примечание. Консольные участки верхней плиты при вылете консоли до 1 *м* рекомендуется делать безреберными.

28. Массивные фундаменты объемом 40 $м^3$ и менее рекомендуется армировать только по контуру отверстий и вырезов (с размером стороны отверстия или выреза более 600 *мм*) и в местах, значительно ослабленных отверстиями или вырезами (тонкие стенки). Армирование производят стержнями диаметром 8—12 *мм* через 150—200 *мм*, в зависимости от размеров отверстия или выреза.

Массивные фундаменты объемом более 40 *м*^{3}, кроме того, рекомендуется армировать по контуру (по наружным граням фундамента) сетками из стержней диаметром 12—16 *мм* через 300—400 *мм*, в зависимости от размеров фундамента.

29. В стеновых фундаментах фундаментные плиты армируют верхней и нижней сетками с квадратными ячейками 300—400 *мм* из стержней диаметром 12—16 *мм*, при этом сечение арматуры проверяют расчетом на прочность от реактивного давления грунта.

Стены армируют по вертикальным граням арматурными сетками с размером сторон ячеек 300—400 *мм*; вертикальную арматуру сеток назначают из стержней диаметром 12—18 *мм*, а горизонтальную — из стержней диаметром 10—12 *мм*; в местах сопряжения стен с горизонтальной рамой следует ставить дополнительную вертикальную арматуру в количестве по сечению 50% от основной, стержни дополнительной арматуры должны заходить в тело рамы и стены на глубину заделки стержней основной арматуры. Сетки связывают между собой поперечными стержнями диаметром 10—12 *мм* через 600—800 *мм* по высоте и длине стены.

Глубину заделки концов вертикальных стержней в верхнюю горизонтальную раму и нижнюю фундаментную плиту назначают не менее установленной НиТУ 123-55 для растянутых стержней арматуры, причем 50% стержней, заделываемых в фундаментную плиту, доводят до подошвы фундамента. Арматуру верхней железобетонной плиты (или рамы) определяют по расчету в соответствии с «Нормами и техническими условиями проектирования бетонных и железобетонных конструкций» (НиТУ 123-55). Верхняя горизонтальная рама, а также обвязочные балки должны иметь арматуру по боковым вертикальным граням.

30. Фундаменты под машины с кривошипно-шатунными механизмами, как правило, следует отделять от конструкций здания (фундаментов, площадок, бетонной подготовки пола первого этажа и т. п.).

На фундаменты машин разрешается свободно опирать отдельные площадки и стойки, а также вкладные участки перекрытий (между смежными фундаментами), не соединенные со зданием; опирание конструкций здания на фундаменты машин можно допускать как исключение при наличии специального обоснования расчетом. При этом должны быть соблюдены требования п. 17.

31. Установку нескольких одинаковых машин при ограниченных размерах площади основания рекомендуется производить на общей фундаментной плите толщиной не менее 800 *мм*. Участки плиты между смежными фундаментами армируют понизу и поверху: количество арматуры принимают из расчета минимального допускаемого процента армирования по «Нормам и техническим условиям проектирования бетонных и железобетонных конструкций» (НиТУ 123-55).

При установке нескольких фундаментов на одной общей плите связь между фундаментами поверху допускается как свободная, так и жесткая.

32. Расстояние от грани колодцев для анкерных болтов до наружной грани фундамента должно быть не менее 100 *мм*.

Расстояние от края опорной плиты машины до края фундамента должно быть не менее 50 *мм*.

4. РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ

33. Статическое давление на основание фундамента определяют от вертикальной нагрузки (вес машины и оборудования, вес фундамента и земли на его уступах, монтажная нагрузка). Коэффициент α в формуле (1) принимают $\alpha = 1$.

34. Динамический расчет производят лишь для фундаментов под машины, имеющие неуравновешенные возмущающие силы первой гармоники; расчет содержит вычисление амплитуды вынужденных колебаний фундамента.

35. При определении амплитуды колебаний фундаментов под горизонтальные машины расчет можно ограничить только вычислением амплитуды колебаний в направлении, параллельном скольжению поршней, и не учитывать влияние вертикальной составляющих возмущающих сил.

36. Определение амплитуды колебаний верхней грани фундамента для этих машин производят по формуле

$$A = A_x + A_\varphi h_1, \qquad (11)$$

где A_x — амплитуда горизонтальных колебаний центра тяжести установки (фундамента и машины) в *м*;

A_φ — амплитуда вращательных колебаний фундамента относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести установки, перпендикулярно плоскости колебаний в радианах;

h_1 — расстояние от верхней грани фундамента до центра тяжести установки в *м*.

Величины A_x в *м* и A_φ в радианах определяют по формулам

$$A_x = \frac{(K_\varphi + K_x h_2^2 - \Theta\omega^2)P_x + K_x h_2 M}{\Delta}; \qquad (12)$$

$$A_\varphi = \frac{K_x h_2 P_x + (K_x - m\omega^2)M}{\Delta}, \qquad (13)$$

где K_x — в *т/м* и K_φ в *тм* — коэффициенты жесткости основания, определяемые согласно указаниям п. 21 или 23 и 24;

Θ — момент инерции массы всей установки (фундамента и машины) относительно оси, проходящей через общий центр тяжести перпендикулярно плоскости колебаний в *т м сек*^{2};

$\omega = 0{,}105\,n$ — угловая частота вращения машины в 1/сек;

n — число оборотов машины в 1 мин. ;

h_2 — расстояние от общего центра тяжести установки до подошвы фундамента в *м*;

$m = \frac{G_\Phi + G_M}{9{,}81}$ — масса всей установки в *т сек*^{2}*/м*;

G_Φ и G_M — веса фундамента и машины в *т*;

P_x — горизонтальная составляющая возмущающих сил машины в *т*;

M — возмущающий момент в *тм*, равный моменту от горизонтальных составляющих возмущающих сил при приведении их к оси, проходящей через центр тяжести установки перпендикулярно плоскости колебаний;

Δ — коэффициент, значение которого вычисляют по формуле

$$\Delta = m\Theta\omega^4 - (K_\varphi m + K_x h_2^2 m + K_x\Theta)\omega^2 + K_\varphi K_x. \qquad (14)$$

37. При расчете амплитуд колебаний фундаментов вертикальных машин допускается:

а) расчет амплитуд горизонтальных колебаний ограничить только для направления перпендикулярного главному валу машины; при этом расчет производят по тем же формулам (11) — (14);

б) расчет амплитуд вертикальных колебаний производят только с учетом влияния вертикальной составляющей возмущающих сил по формуле.

$$A_z = \frac{P_z}{K_z - m\omega^2}, \tag{15}$$

где P_z — вертикальная составляющая возмущающих сил машины в $т$;

K_z — коэффициент жесткости основания при упругом равномерном сжатии в $т/м$, определяемой согласно указаниям п. 21 или 22.

38. В зависимости от соотношения высоты фундамента h к размеру его подошвы a_x в направлении скольжения поршней для горизонтальной машины, а для вертикальной машины — в направлении, перпендикулярном главному валу ее, при определении амплитуд горизонтальных колебаний верхнего обреза фундамента машины допускается пользоваться приближенными формулами:

при $a_x > 3h$

$$A = \frac{P_x}{K_x - m\omega^2}; \tag{16}$$

при $a_x < \frac{h}{2}$

$$A = hA'_\varphi, \tag{17}$$

где A'_φ — амплитуда вращательных колебаний фундамента относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести площади подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний, в радианах, определяемая по формуле

$$A'_\varphi = \frac{P_y H}{K_\varphi - \Theta_0 \omega^2}; \tag{18}$$

H — расстояние от оси вращения вала машины до подошвы фундамента в $м$;

$\Theta_0 = \Theta + mh_2^2$ — момент инерции массы всей установки относительно оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний;

K_x, K_φ, P_x, m, Θ и ω — имеют те же значения что и в формулах (12) и (13).

39. Расчетные значения амплитуд колебаний фундамента не должны превышать величин, приведенных в табл. 3.

Таблица 3

Число оборотов машины в 1 мин.	Менее 200	200—400	Более 400
Допускаемые амплитуды колебаний фундамента в *мм*	0,25 (0,3)*	0,2	0,15

* Для фундаментов высотой более 5 *м*.

40. При возведении нескольких фундаментов на одной общей плите последнюю условно разбивают на участки, приходящиеся на отдельные фундаменты, и расчет колебаний производят в предположении, что каждый фундамент устанавливают отдельно; при этом значение допускаемой амплитуды колебаний принимают на 30% больше, чем для отдельно возводимых фундаментов.

41. Амплитуды колебаний фундаментов стеновой конструкции рассчитывают по тем же формулам, что и амплитуды колебаний массивных фундаментов.

III. ФУНДАМЕНТЫ ПОД ТУРБОАГРЕГАТЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

42. Настоящий раздел распространяется на проектирование фундаментов под турбоагрегаты (турбогенераторы, турбокомпрессоры, турбовоздуходувки) и электрические машины (моторегенераторы и синхронные компенсаторы) мощностью до 25 тыс. *квт* включительно.

Примечание. Проектирование фундаментов под турбогенераторы мощностью выше 25 тыс. *квт* следует производить по специальной инструкции Министерства электростанций

1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

43. Задание на проектирование фундамента должно содержать, помимо материалов, перечисленных в п. 5, следующее:

а) данные о мощности агрегата в киловаттах и числе оборотов в 1 мин.;

б) схему площадки вокруг турбоагрегата на уровне пола машинного зала;

в) схемы расположения вспомогательного оборудования и коммуникаций в пределах обреза нижней плиты фундамента и в камерах воздухоохладителя, а также схему выводов генератора;

г) схему действующих на фундамент нагрузок от неподвижных и вращающихся частей агрегата (в том числе момента короткого замыкания и нагрузки от тяги вакуума конденсатора) с указанием их величин и точек приложения;

д) величины и расположение нагрузок от вспомогательного оборудования (масло- и воздухоохладителей, масляных баков, насосов, трубопроводов и т. п.);

в) схему расположения горячих трубопроводов и данные о температурах на наружной поверхности их изоляции.

2. МАТЕРИАЛЫ ФУНДАМЕНТОВ

44. Для устройства фундаментов под турбоагрегаты и электрические машины применяют железобетон и бетон марки не ниже 100, а для верхней части рамных фундаментов — марки не ниже 150.

3. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

45. Фундаменты под турбоагрегаты и электрические машины проектируют следующих типов: рамные, стеновые, массивные и смешанной конструкции.

Фундаменты рамного типа состоят из нижней сплошной плиты и трех и более одноэтажных или двухэтажных поперечных рам, связанных поверху продольными балками, которые вместе с ригелями рам и консолями образуют верхнюю ребристую плиту (раму) фундамента, предназначенную для крепления и обслуживания агрегата. Колонны рам должны быть жестко заделаны в нижней фундаментной плите.

Фундаменты стенового типа выполняют в виде продольных и поперечных стен с необходимыми отверстиями, вырезами и проемами для размещения частей машины и оборудования. Стены должны быть жестко связаны с нижней фундаментной плитой. Продольные стены при отсутствии

поперечных стен связывают между собой балками или поперечными диафрагмами.

Массивные фундаменты выполняют в виде сплошного массива с необходимыми выемками, колодцами, отверстиями для расположения частей машины и оборудования.

Примечание. Фундаменты под электрические машины с числом оборотов в 1 мин. 500 и менее рекомендуется проектировать только стеновыми или массивными.

46. Конструкцию фундамента (геометрическая схема всего фундамента, расположение, форма и армирование балок, стенок и рам) следует делать симметричной относительно вертикальной плоскости, проходящей через ось вращения вала машины.

При устройстве фундаментов под турбогенераторы на просадочных грунтах особое внимание должно быть обращено на увеличение общей жесткости фундамента в поперечном и продольном направлениях. Эксцентрицитет равнодействующей веса всей установки относительно центра тяжести площади подошвы фундамента не допускается (см. п. 17).

47. Подошву фундамента необходимо располагать на одной отметке без уступов.

48. Горизонтальные элементы верхнего строения фундамента (ригели и балки) следует проектировать, как правило, таврового или прямоугольного сечения. Следует избегать эксцентричного нагружения ригелей и балок, чтобы не вызвать их скручивания.

49. Размеры элементов верхней части фундаментов (колонн, ригелей, балок верхней плиты и стенок) предварительно принимают по чертежам габаритов фундамента, представленным заводом-изготовителем машины, и уточняют по результатам расчета. Размеры элементов верхней части фундамента должны быть не менее величин, указанных в табл. 4.

50. При проектировании рамных фундаментов необходимо:

а) верхней фундаментной плите (горизонтальной раме), состоящей из продольных балок и поперечных ригелей, придавать возможно бо́льшую жесткость при изгибе в горизонтальной плоскости, для чего поверху уширяют продольные балки и крайние поперечные ригели;

Таблица 4

Наименьшие размеры элементов верхней части фундаментов под турбоагрегаты и электрические машины в *мм*

Наименование элементов фундамента	Наименьшие размеры элементов
Сторона сечения колонн	500
Толщина ненесущих стенок и перегородок . .	150
Высота сечения балок и ригелей	400
Толщина плит	200
Высота опорного сечения консоли	0,75 вылета консоли
Максимальный вылет консольных площадок для обслуживания агрегата	1 500

Примечания. 1. Консольные площадки для обслуживания агрегата с вылетом консоли до 1 *м* рекомендуется выполнять сплошными, без ребер.

2. При вынужденном снижении (против табл. 4) высоты опорного сечения консоли следует производить проверку консольных элементов на резонанс.

б) в местах сопряжения ригелей с колоннами, как правило, устраивать вуты.

51. Толщина нижней фундаментной плиты должна быть не менее рабочей высоты сечения стоек поперечных рам (для фундаментов рамного типа) или не менее толщины любой стены (для стеновых фундаментов).

52. В фундаментах под турбовоздуходувки не допускается выполнение каналов для воздуха непосредственно в теле фундамента; вместо каналов следует применять металлические короба с надежной изоляцией их на поверхности.

53. Верхняя часть фундаментов под турбоагрегаты и электрические машины с числом оборотов в 1 мин. 500 и менее и под все электрические машины мощностью более 10 000 *квт* независимо от числа оборотов должна быть отделена по всему контуру от окружающих перекрытий, а также от шинного моста непрерывным швом. Опирание на фундамент допускается (в виде свободно лежащих вкладных конструкций) лишь площадок, лестниц, переходных мостиков, а также перекрытий над подвалами.

Для других электрических машин, не перечисленных выше, разрешается свободное опирание вкладных участков перекрытий между смежными фундаментами машин.

На нижнюю плиту фундаментов, как исключение, допускается опирать колонны, поддерживающие перекрытия.

При опирании указанных выше конструкций на фундамент определение центра тяжести установки необходимо производить с учетом веса опирающихся на фундамент конструкций (см. п. 17).

Соединение фундаментов под турбоагрегаты и электрические машины с фундаментами стен зданий не допускается.

54. Арматура балок, ригелей и колонн верхней части фундамента должна иметь по контуру замкнутые хомуты.

55. Продольные балки и поперечные ригели верхней части фундамента, включая крайние обвязочные балки консольных площадок, должны иметь арматуру, расположенную по боковым (вертикальным) граням, для восприятия усилий, возникающих в верхней плите при ее изгибе в горизонтальной плоскости; боковую (конструктивную) арматуру ставят диаметром не менее 16 *мм* через 200—300 *мм*.

56. В колоннах и стенах в нерабочем направлении ставят продольную конструктивную арматуру диаметром 12—20 *мм* через 200—400 *мм*. Арматура должна быть связана хомутами или шпильками, охватывающими 3—5 стержней.

57. Заделку рабочей арматуры ригелей и балок в колонны или стенки выполняют по типу жестких узлов рамных конструкций.

58. Вертикальную арматуру колонн и рабочую арматуру стен при толщине нижней плиты до 1,2 *м* доводят до низа плиты; при большей толщине плиты до низа ее доводят 50% арматуры колонн, а остальную часть арматуры обрывают на половине высоты плиты.

59. Стыки вертикальной арматуры колонн и стен устраивают выше отметки верха нижней плиты, причем на одном уровне разрешается стыковать не более 50% всех стержней.

60. Арматуру стен, а также фундаментных плит, располагаемую у наружных граней, через 3—5 стержней связывают шпильками или хомутами.

61. В элементах фундамента отверстия и вырезы диаметром или размером стороны более 600 *мм* армируют по контуру отверстия стержнями диаметром 10—12 *мм* через

150—200 *мм*. Концы стержней следует заделывать в толще бетона на глубину не менее 30 диаметров стержня.

62. Арматура несущих стенок камер выводов и воздухоохладителей (при толщине стенок менее 150 *мм*) должна быть законструирована таким образом, чтобы обеспечивалась возможность бетонирования стенок после бетонирования основных несущих конструкций.

4. РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ

63. Фундаменты под турбоагрегаты, а также фундаменты под электрические машины с числом оборотов в 1 мин. более 1 000 рассчитывать на колебания не обязательно.

Фундаменты электрических машин с числом оборотов в 1 мин. 1 000 и меньше рассчитывают на колебания согласно приложению 3.

64. Прочность элементов конструкции фундамента проверяют на следующие расчетные нагрузки:

а) п о с т о я н н ы е — от веса турбоагрегата или электромашины (включая вес вращающихся частей), веса вспомогательного оборудования, собственного веса элементов конструкций;

б) в р е м е н н ы е, соответствующие динамическому воздействию машины, тяги вакуума в конденсаторе, моменту короткого замыкания $M_к$, а также монтажные нагрузки.

65. Временные нормативные нагрузки (вертикальные N_1 и горизонтальные N_2), соответствующие динамическому воздействию машины на ригели, балки, колонны или стены фундаментов (под турбоагрегаты и электрические машины) и направленные перпендикулярно валу машины, определяют независимо от мощности по формулам

$$N_1 = \gamma_1 G_в \text{ и } N_2 = \gamma_2 G_в, \qquad (19)$$

где $G_в$ — вес вращающихся частей, приходящихся на данный элемент фундамента;

γ_1 и γ_2 — безразмерные коэффициенты, принимаемые соответственно для вертикальных и горизонтальных нагрузок в зависимости от числа оборотов машины по табл. 5.

Временные вертикальные N_1 и горизонтальные N_2 нагрузки принимают сосредоточенными и приложенными в местах передачи давления от вращающихся частей машины, причем горизонтальные нагрузки прикладывают на

Таблица 5

Коэффициенты γ_1 и γ_2

Число оборотов машины в 1 мин. n	γ_1 для вертикальных нагрузок	γ_2 для горизонтальных нагрузок
1 500 и более	12	2
Менее 1 500 до 500	8	2
500 и менее	4	2

Примечание. Приведенные в табл. 5 значения γ_1 и γ_2 учитывают знакопеременное действие нагрузок.

уровне осей ригелей и балок или заменяющей их верхней плиты фундамента. Коэффициент перегрузки принимают равным 1,3.

66. Временные нагрузки, соответствующие тяге вакуума в конденсаторе $P_в$ к моменту короткого замыкания $M_к$, принимают равными величинам, указанным в задании на проектирование, и считают приложенными в виде сосредоточенных грузов к серединам продольных балок или равномерно распределенными по продольным стенам фундамента.

При отсутствии данных, характеризующих силу тяги вакуума $P_в$ в конденсаторе, допускается определять ее независимо от мощности машины по формуле

$$P_в = 10kF \text{ (в } m\text{)}, \qquad (20)$$

где F — площадь поперечного сечения соединительной горловины конденсатора с турбиной в $м^2$;

$k = 1{,}1$ — коэффициент перегрузки (при расчете по предельным состояниям).

67. Усилия в элементах фундаментов под турбоагрегаты и электрические машины определяют для следующих расчетных сочетаний нагрузок:

а) основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных нагрузок, нагрузки от вакуума конденсатора $P_в$ и одной из временных нагрузок — вертикальной N_1 (направленной вниз) или горизонтальной N_2;

б) особое сочетание нагрузок, состоящее из комбинаций нагрузок одного из основных сочетаний (см. п. «а») и момента короткого замыкания $M_к$.

68. Монтажную нагрузку при расчете верхней плиты принимают равной 2 $т/м^2$. Коэффициент перегрузки принимают $k=1{,}2$.

69. При определении расчетного сопротивления грунта по формуле (1) принимают: $\alpha_1=0{,}8$.

70. Нижнюю плиту фундамента рассчитывают на отпор грунта, т. е. на полное расчетное давление грунта, определенное по указаниям п. 16, за вычетом доли этого давления, соответствующей собственному весу нижней плиты и грунта, расположенного над ней.

IV. ФУНДАМЕНТЫ ПОД КУЗНЕЧНЫЕ МОЛОТЫ

71. Настоящий раздел распространяется на проектирование фундаментов под кузнечные (ковочные и штамповочные) молоты с весом падающих частей до 6 *т* включительно.

1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

72. Задание на проектирование фундамента под молот должно содержать материалы, указанные в п. 5. При этом в техническую характеристику молота должны быть включены:

а) чертежи габарита молота с указанием типа молота (штамповочный, ковочный), его марки и наименование завода-изготовителя;

б) вес падающих частей, номинальный и действительный (с учетом веса верхней половины штампа);

в) веса шабота и станины;

г) размеры подошвы шабота и отметка ее относительно пола цеха, а также размеры опорной плиты станины;

д) размеры в плане, толщина и материал подшаботной прокладки;

е) рабочая высота падения ударяющих частей молота;

ж) величины внутреннего диаметра цилиндра и рабочего давления пара или воздуха;

з) число ударов молота в 1 мин.

2. МАТЕРИАЛЫ ФУНДАМЕНТОВ

73. Для фундаментов под молоты применяют бетон марки не ниже:

100 — при действительном весе падающих частей молота до 3 *т*;

150 — при действительном весе падающих частей молота более 3 *т*.

Для устройства деревянных подшаботных прокладок применяют брусья из дуба. При отсутствии дуба для молотов с весом ударяющих частей до 1 *т* подшаботную прокладку разрешается изготовлять из лиственницы или сосны.

Деревянные прокладки изготовляют из пиломатериалов I сорта по ГОСТ 2695-56 «Пиломатериалы лиственных пород» и по ГОСТ 8486-57 «Пиломатериалы хвойных пород», без гнили.

3. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

74. Фундаменты под молоты проектируют в виде жестких плит или монолитных блоков. Для молотов с весом падающих частей не более 1 *т* допускается устройство одной общей фундаментной плиты под несколько молотов.

При водонасыщенных мелких и пылеватых песках основания в целях борьбы с недопустимыми колебаниями конструкций зданий и сооружений, вызываемыми ударами молотов, необходимо устройство или виброизолированных фундаментов (см. п. 4), или свайного основания.

75. Толщина подшаботной части фундамента должна быть не менее величин, указанных в табл. 6.

Таблица 6

Номинальный вес падающих частей в *т*	Минимальная толщина подшаботной части фундамента в *м*
До 1	1
От 1 до 2	1,25
» 2 » 4	1,75
» 4 » 6	2,25

76. Армирование фундаментов под молоты производят конструктивно следующим образом.

Верхнюю часть фундамента, примыкающую к подшаботной прокладке, армируют горизонтальными арматурными сетками с квадратными ячейками 100 *мм* из стали марки Ст.5 периодического профиля диаметром 10—12 *мм*; сетки располагают рядами (по высоте) в количествах, указанных в табл. 7.

Таблица 7

Номинальный вес падающих частей молота в *т*	Менее 1	1—3	Более 3
Количество рядов арматурных сеток в верхней (подшаботной) части фундамента в шт.	2	3	4

Верхнюю сетку укладывают на расстоянии 20—30 *мм* от поверхности фундамента, примыкающей к подшаботной прокладке; расстояние (по вертикали) между сетками принимают равным 100—120 *мм*; сетки рекомендуется соединять между собой в каркасы, заготовляемые на стороне и укладываемые на место при бетонировании фундамента.

У подошвы фундамента укладывают нижнюю горизонтальную арматурную сетку с квадратными ячейками с размером стороны 150—200 *мм*, из круглой стали марки Ст.3, диаметром соответственно 16—20 *мм* или из стали марки Ст.5 периодического профиля диаметром 14—16 *мм*.

В фундаментах ковочных молотов часть фундамента под подошвой станины молота армируют горизонтальной арматурной сеткой с квадратными ячейками 200—250 *мм*, из круглой стали Ст.3, диаметром 12—16 *мм* или стали Ст.5 периодического профиля диаметром 10—12 *мм*.

У граней выемки для шабота устанавливают арматурные сетки с квадратными ячейками 200—250 *мм*, из круглой стали Ст.3 диаметром 12—16 *мм* или стали Ст.5 периодического профиля диаметром 10—12 *мм*; вертикальные стержни этих сеток доводят до подошвы фундамента.

77. Прокладку под шаботом устраивают из деревянных брусьев, уложенных плашмя в один или несколько щитов. Толщину каждого щита принимают в зависимости от мощности молота, но не менее 100 *мм*. Болты, стягивающие брусья, располагаются в щите через 0,5—1 *м*. При устройстве прокладок из нескольких щитов последние укладываются крест-накрест.

4. РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ

78. Вес и площадь подошвы фундамента подбираются таким образом, чтобы статическое давление на основание его не превосходило расчетного сопротивления основания фундамента под молот и чтобы амплитуда собственных

колебаний фундамента не превосходила 1,2 *мм*, исключая случаи возведения фундаментов на водонасыщенных (гравелистых, крупных и средней крупности) песках, где амплитуда колебаний не должна превосходить 0,8 *мм*; коэффициент уменьшения расчетного сопротивления грунта (см. п. 18) принимается равным $\alpha = 0{,}4$.

79. Ориентировочные величины площади подошвы и веса фундамента определяют по формулам

$$F \geqslant \frac{20(1+\varepsilon)}{R} v G_0; \tag{21}$$

$$G_\Phi = 8(1+\varepsilon) v G_0 - G_1, \tag{22}$$

где G_0 — действительный вес падающих частей молота в *т*;

G_1 — вес шабота и станины в *т*;

ε — коэффициент восстановления скорости при ударе, расчетное значение которого принимается:

а) для молотов штамповочных: $\varepsilon = 0{,}5$ — при штамповке стальных изделий и $\varepsilon = 0$ — при штамповке изделий из цветного металла;

б) для молотов ковочных: $\varepsilon = 0{,}25$;

G_Φ — вес фундамента в *т*, включая вес грунта, лежащего на его обрезах;

v — скорость в *м/сек* падающих частей молота в начале удара, определяемая:

а) для молотов, свободно падающих (фрикционных и одностороннего действия), — по формуле

$$v = 0{,}9\sqrt{2gh_0}; \tag{23}$$

б) для молотов двойного действия — по формуле

$$v = 0{,}65\sqrt{2g\frac{pf+G_0}{G_0}h_0}, \tag{23'}$$

где h_0 — рабочая высота падения падающих частей молота в *м*;

f — площадь поршня в цилиндре в $м^2$;

p — среднее давление пара или воздуха в $т/м^2$;

$g = 9{,}81$ $м/сек^2$.

80. Амплитуду вертикальных колебаний фундамента A_z в метрах определяют по формуле

$$A_z = 0{,}2\frac{(1+\varepsilon)vG_0}{\sqrt{K_z G}}, \tag{24}$$

где K_z — коэффициент жесткости основания в *т/м*, определяемый по указаниям п. 21 или 22;

G — общий вес фундамента, шабота, станины и засыпки над обрезами фундамента в *т*.

81. Динамическое давление на деревянную подшаботную прокладку σ в *т/м*^{2}, вычисленное по формуле

$$\sigma = 0{,}5 G_0 v \sqrt{\frac{E}{G_1' F_1 b}}, \qquad (25)$$

не должно превышать расчетного сопротивления сжатию поперек волокон древесины:

а) $R_{c\,90} = 400$ *т/м*^{2} — для дубовых прокладок;

б) $R_{c\,90} = 250$ *т/м*^{2} — для прокладок из лиственницы;

в) $R_{c\,90} = 200$ *т/м*^{2} — для прокладок из сосны;

где G_1' — общий вес шабота и станины для штамповочных молотов и вес шабота для ковочных молотов в *т*;

F_1 — опорная площадь шабота в *м*^{2};

b — толщина прокладки в *м*;

E — модуль упругости подшаботной прокладки, величина которого принимается:

а) $E = 50\,000$ *т/м*^{2} — для прокладок из дуба;

б) $E = 30\,000$ *т/м*^{2} — для прокладок из сосны и лиственницы;

G_0 и v — то же, что и в формуле (21).

V. ФУНДАМЕНТЫ ПОД ПРОКАТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

82. Настоящий раздел распространяется на проектирование фундаментов под основное и вспомогательное прокатное оборудование.

1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

83. Задание на проектирование фундаментов под прокатное оборудование должно содержать материалы, указанные в п. 5, а также чертежи, в которых должны быть приведены:

а) расположение опорных плоскостей станин оборудования в плане и вертикальных и горизонтальных нагрузок от них с указанием величин этих нагрузок;

б) схематические разрезы оборудования с указанием расположения и величин горизонтальных сил и опрокидывающих моментов, передающихся на фундаменты;

в) для приводного двигателя — значения нормального вращающего момента и коэффициента перегрузки;

г) для рабочих клетей — величина горизонтальной силы, схема расположения валков, редукторов и шестеренных клетей, а также диаметр валков и отметка линии прокатки;

д) для упоров — величина горизонтальных сил;

е) для карманов и других устройств, на которые происходит падение прокатываемого изделия, — вес изделия и высота его падения;

ж) наибольший вес слитка;

з) монтажные нагрузки на фундаменты, на перекрытия подвалов и на пол цеха около фундаментов.

Примечания. 1. Все временные нагрузки должны быть разделены на основные — регулярно возникающие при работе оборудования — и особые (случайные), например при поломке шпинделей и т. п.

2. Способы определения нагрузок, действующих на фундаменты основного оборудования блюмингов и слябингов, приведены в приложении 4.

2. МАТЕРИАЛЫ ФУНДАМЕНТОВ

84. Для фундаментов основного и вспомогательного оборудования применяют бетон марки 100. Более высокие марки бетона допускается применять при специальном обосновании расчетом.

Железобетон применяют для отдельных участков фундаментов, имеющих вырезы, каналы и тоннели, значительно ослабляющие сечение фундаментов, а также для каркасных фундаментов вспомогательного оборудования.

3. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

85. Фундаменты под основное и вспомогательное прокатное оборудование устраивают массивными, с необходимыми вырезами, отверстиями и каналами. При этом рабочую и шестеренную клети, редуктор и приводной двигатель обычно устанавливают на общем фундаменте.

86. При проектировании фундаментов под прокатное оборудование следует максимально облегчать фундаменты и упрощать их конфигурацию. Элементы фундаментов по возможности должны быть однотипными.

87. В целях облегчения массивных фундаментов под оборудование допускается делать вырезы от верхней грани фундамента до его подошвы. При достаточно большом ко-

личестве таких вырезов получается массивный фундамент стенового или столбчатого типа.

Фундаменты под рольганги проектируют стенового типа или каркасными.

Все фундаменты, разделенные на части глубокими открытыми каналами, следует связывать поверху железобетонными балками через 4—5 *м*.

88. В проектах крупногабаритных фундаментов (фундаментов под тяжелое прокатное оборудование) с анкерными болтами больших диаметров следует предусматривать кондукторные устройства для закрепления анкерных болтов в процессе бетонирования, а также для опирания рабочих настилов и подмостей, используемых для работ по бетонированию и крепления к ним щитов опалубки.

Для кондукторных устройств в целях сокращения расхода металла следует использовать железобетон, дерево и камень.

89. Основные размеры фундаментов под прокатное оборудование в плане определяются размерами опорных плит и расположением оборудования, а также размерами тоннелей и каналов в теле фундамента.

Глубина заложения подошвы фундамента обусловливается глубиной тоннелей и каналов в теле фундамента, а также глубиной заделки анкерных болтов. В отдельных случаях глубина заложения подошвы фундамента определяется грунтовыми условиями площадки.

90. При проектировании фундаментов необходимо соблюдать следующие требования:

а) расстояние от края станины до края фундамента или до края канала должно быть не менее 100 *мм* для легкого и не менее 150 *мм* для тяжелого оборудования;

б) расстояние от оси болта до грани фундамента или глубокого канала или тоннеля должно быть не менее четырех диаметров болта; в отдельных случаях, когда это условие не может быть выполнено, указанное расстояние может быть принято меньшим, но при этом грань фундамента должна быть специально армирована;

в) расстояние от дна каналов и тоннелей до подошвы фундамента должно быть не менее 500 *мм*.

91. В случае, когда заложение всех участков фундамента на одном уровне приводит к значительному перерасходу материала, допускается отдельные участки фундамента закладывать на разной глубине.

92. Температурно-усадочные швы в фундаментах должны предусматриваться на следующих расстояниях:

а) для бетонных неармированных фундаментов — 20 *м*;

б) то же, при конструктивном армировании — 40 *м*.

Расстояние между температурно-усадочными швами разрешается увеличивать при соответствующем обосновании и проверке конструкций расчетом.

Швы следует располагать таким образом, чтобы они разделяли фундамент на отдельные участки, несущие не связанное между собой оборудование и независимо работающие агрегаты. Рекомендуется разрезать фундаменты температурно-усадочными швами на отдельные массивы минимальной длины в целях сокращения количества арматуры.

Если фундаменты не могут быть разделены температурно-усадочными швами на указанные выше участки, то для уменьшения усадочных напряжений допускается предусматривать временные усадочные швы шириной от 0,5 до 1 *м*; в этих случаях с обеих сторон временного шва должна быть выпущена рабочая арматура, которую спустя 3—4 недели после бетонирования фундамента сваривают накладными стержнями с последующим заполнением шва бетоном той же марки, что и для фундамента.

93. Массивные фундаменты под прокатное оборудование конструктивно армируют общей и местной арматурой.

Общая арматура состоит из:

а) нижних горизонтальных сварных сеток (в один слой) с шагом рабочей арматуры 200—250 *мм*; при этом диаметр арматуры принимают равным 16 *мм* для фундаментов длиной от 20 до 30 *м* включительно и 20 *мм* — для фундаментов длиной от 30 до 40 *м*; в фундаментах длиной более 30 *м* концы фундаментов длиной до 7,5 *м* можно армировать арматурой диаметром 16 *мм*; в арматурных сетках для фундаментов вытянутой формы в плане рабочую арматуру в поперечном направлении (перпендикулярном длинной стороне фундамента) не укладывают; в фундаментах длиной 30—40 *м*, бетонируемых с устройством рабочего шва, нижнюю арматуру ставят как для фундаментов длиной 20—30 *м*; рекомендуется стыки стержней нижних сеток осуществлять на сварке;

б) верхних горизонтальных сеток (в один слой) с шагом стержней 200—250 *мм*, располагаемых под станинами оборудования с динамическими нагрузками; диаметры

арматуры сеток принимают по табл. 8 в зависимости от диаметров болтов, крепящих оборудование к фундаменту.

Таблица 8

Диаметры болтов для крепления оборудования к фундаментам в *мм*	Менее 42	42 и более
Диаметр арматуры сеток в *мм*	12	16

При близком расположении станин одна от другой для создания непрерывности армирования сетки укладывают с перепуском друг за друга; вертикальные грани в местах перепада сеток не армируют.

Под оборудование без динамических нагрузок верхние сетки не ставят.

94. Местное армирование фундаментов производят дополнительно к общему армированию в целях восприятия местных нагрузок и усилий.

Отдельные элементы или участки фундаментов, например плиты, балки, консоли, тонкие стенки и т. п., выполняют железобетонными и армируют согласно требованиям «Норм и технических условий проектирования бетонных и железобетонных конструкций».

Под станинами упоров, карманов и др., воспринимающими систематически действующие ударные нагрузки, следует ставить по две сетки из стержней диаметром 10—12 *мм* с шагом 100 *мм*; верхнюю сетку следует ставить на расстоянии 20—30 *мм* от поверхности фундамента; расстояние между сетками по высоте принимать равным 100 *мм*.

Если оборудование с динамическими нагрузками устанавливается у края фундамента, то стержни верхних сеток должны быть загнуты вниз вдоль вертикальной грани угла.

Вертикальные грани массивных частей фундаментов армируют сетками из стержней диаметром 12 *мм* с шагом 200—250 *мм* только при наличии местных воздействий от лучистой теплоты, ударов кусками падающей окалины и т. п.

95. Фундаменты, подверженные длительному и систематическому воздействию лучистой теплоты от нагретого металла, должны иметь теплозащиту (футеровку).

4. РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ

96. Расчет фундаментов под основное и вспомогательное прокатное оборудование сводится к проверке их прочности и давлений, передаваемых фундаментами на грунт.

97. Нагрузки на фундаменты разделяются на постоянные и временные; последние разделяются на основные (систематические) и особые (случайные).

К постоянным нагрузкам относятся вес фундамента, вес оборудования и грунта, лежащего на обрезах плиты фундамента.

К временным основным нагрузкам относятся максимальные величины нагрузок, систематически возникающих при работе оборудования, а также монтажные нагрузки.

К временным особым нагрузкам относятся максимальные величины нагрузок, случайно возникающих при работе оборудования в исключительных случаях, и нагрузки, возникающие при авариях (поломка шпинделей, соединительных муфт и т. п.).

98. Собственный вес фундамента и грунта, лежащего на его обрезах, определяют по предварительным размерам фундамента, принятым в соответствии с пп. 89 и 90. Вес оборудования определяют согласно заданию на проектирование.

Расчетную нагрузку от веса оборудования принимают:

а) при определении давления на грунт — в виде сосредоточенных сил;

б) при проверке прочности в сечениях основного массива фундамента или отдельных элементах его — равномерно распределенной по фактической площади опирания оборудования.

Распределение и величину монтажных нагрузок принимают по заданию технологов.

99. При вычислении давления на грунт под фундаментами прокатного оборудования в формуле (1) п. 18 коэффициент уменьшения расчетного сопротивления основания принимается $\alpha = 1$.

100. Проверка прочности фундаментов обязательна лишь для фундаментов под основное прокатное оборудование и для каркасных фундаментов под вспомогательное оборудование. Если фундамент под рабочую и шестеренную клети и прокатный двигатель общий, то должны учитываться скручивающие моменты, передающиеся на фундамент.

Нагрузка, действующая на подошву фундамента, принимается распределенной по линейному закону.

101. Проверку прочности фундамента от действия местной нагрузки производят лишь для отдельных участков фундамента, ослабленных отверстиями, перекрываемых балками, плитами, а также для консольных частей фундамента.

Если нагрузки расположены непосредственно у грани фундамента, то следует производить проверку главных растягивающих напряжений угла.

VI. ФУНДАМЕНТЫ (ОСНОВАНИЯ) КОПРОВЫХ БОЙНЫХ ПЛОЩАДОК

1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

102. Задание на проектирование должно содержать материалы, указанные в п. 5. Техническая характеристика копров должна включать:

а) вес копровой бабы в тоннах и высоту падения ее в метрах;

б) размеры в плане площадки, на которой производится разбивка скрапа.

2. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

103. Фундаменты (основания) копровых площадок рекомендуется устраивать на уложенных в котлован болванках или мартеновских козлах, являющихся основанием для разбиваемого скрапа или лома. Общую толщину слоя болванок и козлов назначают не менее 1 *м*.

Пустоты между козлами и болванками заполняют мелким скрапом, затем поверхность слоя выравнивают. Сверху укладывают стальные плиты (шабот) толщиной не менее 500 *мм*.

Вокруг заглубленных шаботов рекомендуется устраивать ограждения в виде железобетонных подпорных стен с защитой их броневыми плитами от действия ударов кусками разбиваемого скрапа.

104. Ориентировочный вес шабота принимают не меньше

$$G_{ш} = 0{,}5 G_{б} h_{б}, \qquad (26$$

где $G_{ш}$ — ориентировочный вес шабота в *т*;

$G_{б}$ — вес копровой бабы в *т*;

$h_{б}$ — высота падения ее в *м*.

105. При грунтах с расчетным сопротивлением основания более 3 *кг/см*^{2} болванки или мартеновские козлы укладывают непосредственно на грунт.

При более слабых, но не водонасыщенных грунтах болванки и козлы укладывают на уплотненную вибрированием или каким-либо другим путем песчаную подушку толщиной 1—2 *м*, в зависимости от расчетного сопротивления основания.

106. При водонасыщенных грунтах слабых и средней прочности и размещения бойной площадки внутри здания или открытой эстакады вокруг фундамента устраивают ограждение в виде полого железобетонного цилиндра из бетона марки не ниже 150.

Внутренний диаметр цилиндра D_1 принимают не менее

$$D_1 = d_1 + 1\ м, \qquad (27)$$

где d_1— диаметр стальной плиты шабота в *м*.

Высоту цилиндра принимают не менее 0,7 среднего диаметра и не более 6 *м*.

Толщину стенки цилиндра назначают равной от 200 до 500 *мм*, в зависимости от диаметра цилиндра.

Стенку цилиндра армируют двойной сеткой; общий процент армирования принимают не менее 1.

107. Минимальные расстояния от копровых устройств до промышленных зданий и сооружений (из условия сохранения в целости строительных конструкций) принимают по табл. 9.

Таблица 9

Радиус зоны динамического влияния копровой установки в *м*

№ п/п	Характеристика грунтов	Радиусы зоны динамического влияния копровой установки в *м* при весе бабы в *т*		
		до 3	5	7 и более
1	Скальные и полускальные грунты	15	20	30
2	Крупнообломочные грунты, песчаные грунты сухие, глинистые грунты твердые (в том числе лессовидные грунты)	30	40	60
3	Песчаные грунты влажные и глинистые грунты пластичные	40	60	80
4	Водонасыщенные песчаные и слабые глинистые грунты	50	80	100

Примечание. В случаях возведения копровых установок на водонасыщенных песчаных и слабых глинистых грунтах, основания фундаментов копровых цехов и скрапоразделочных баз, располагаемые на расстояниях, меньших указанных в табл. 9, рекомендуется искусственно укреплять (уплотнять тяжелыми трамбовками, вибрацией и т. д.).

VII. ФУНДАМЕНТЫ ПОД ДРОБИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МЕЛЬНИЧНЫЕ УСТАНОВКИ

108. Настоящий раздел распространяется на проектирование фундаментов под дробильное оборудование следующих видов:

а) гирационные дробилки (с крутым и пологим конусом);

б) щековые дробилки;

в) валковые дробилки;

г) трубчатые мельницы.

1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

109. Задание на проектирование должно отвечать указаниям п. 5. В состав задания на проектирование должны входить следующие характеристики машин.

Для дробилок: а) наименование системы дробилки и характеризующие ее размеры (ширина входной щели или нижний диаметр дробящего конуса — для гирационных дробилок; размеры загрузочного отверстия — для щековых и валковых дробилок);

б) вес дробилки;

в) вес мотора (в случае установки его на одном общем фундаменте с дробилкой);

г) величина силы натяжения приводного ремня или данные, необходимые для ее определения (в случаях, когда дробилка связана с мотором ременной передачей и установлена на отдельном от него фундаменте);

д) рабочее число оборотов вала-эксцентрика (для гирационных дробилок) или главного вала (для щековых дробилок);

е) величины, направления и координаты точек приложения неуравновешенных сил инерции гирационных и щековых дробилок или данные, по которым эти силы могут быть вычислены.

Для мельничных установок: а) наименование системы мельницы и характеризующие ее размеры (длина и диаметр барабана);

б) указания о направлении вращения мельницы и расстоянии от оси барабана до верхней грани фундамента;

в) полный вес корпуса мельницы без мелющих тел и загрузки;

г) величины и координаты точек приложения всех статических нагрузок, передаваемых на фундамент мельницей (с загрузкой), редуктором и мотором.

2. МАТЕРИАЛЫ ФУНДАМЕНТОВ

110. В качестве материала для возведения фундаментов под дробилки применяют бетон марки 100.

3. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ФУНДАМЕНТОВ ПОД ДРОБИЛКИ

111. Фундаменты под гирационные дробилки проектируют стеновыми и рамными.

Фундамент стенового типа осуществляют в виде нижней плиты и жестко заделанных в нее двух стен, связанных между собой поперечными балками или диафрагмами. В стенах устраивают отверстия, вырезы и проемы, необходимые для монтажа и эксплуатации оборудования.

Фундамент рамного типа осуществляют в виде нижней плиты и жестко заделанных в нее поперечных рам. Рамы связывают поверху продольными балками, которые вместе с поперечными ригелями и консолями образуют верхнюю плиту (горизонтальную раму) фундамента для крепления и обслуживания дробилки.

112. Фундаменты щековых и валковых дробилок проектируют в виде двух стен, заделанных в нижнюю плиту и связанных поверху поперечными ригелями или жесткой плитой.

Стены рекомендуется располагать по возможности в направлении качания дробящей щеки (для щековых дробилок) или в направлении, поперечном по отношению к осям валков (для валковых дробилок).

113. Допускается установка нескольких дробилок на одном общем фундаменте.

114. Толщину нижней плиты фундаментов под дробилки всех видов принимают не менее толщины стен или наименьшего размера стоек.

115. Глубину заложения фундаментов под дробилки рекомендуется принимать равной толщине нижней плиты, если увеличение этой глубины не обусловливается грунтовыми или какими-либо другими условиями.

116. В рамных фундаментах под дробилки отношение длины ригеля или высоты стойки в свету к наименьшему размеру их поперечного сечения должно быть не более трех.

При пропуске анкерных болтов в стойках фундамента рамного типа анкерные плиты болтов должны быть заделаны в нижнюю плиту фундамента не менее чем на 500 *мм* от верха плиты.

117. Толщину стен стеновых фундаментов под дробилки всех видов принимают по чертежу габарита фундамента, составленному заводом-изготовителем, но не менее 600 *мм*.

118. Фундаменты под дробилки всех видов должны быть армированы следующим образом.

Стеновые фундаменты: а) стены — конструктивно, сетками с квадратными ячейками размером 200—250 *мм*, из стержней диаметром 10—12 *мм*, располагаемыми у поверхностей стен;

б) нижняя плита — конструктивно, двумя горизонтальными сетками (верхней и нижней) с квадратными ячейками размером 150—200 *мм*, из стержней диаметром 12—16 *мм*;

в) ригели — по расчету, как балки, в соответствии с требованиями «Норм и технических условий проектирования бетонных и железобетонных конструкций» (НиТУ 123-55).

Рамные фундаменты: а) рамы — по расчету в соответствии с требованиями «Норм и технических условий проектирования бетонных и железобетонных конструкций» (НиТУ 123-55);

б) нижняя плита — аналогично нижней плите стенового фундамента.

Кроме основной указанной выше арматуры, во всех фундаментах под дробилки должна устанавливаться дополнительная арматура в элементах фундамента, ослабленных отверстиями, выемками и т. п.

4. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ФУНДАМЕНТОВ ПОД МЕЛЬНИЧНЫЕ УСТАНОВКИ

119. Фундаменты под трубчатые мельницы проектируют в виде поперечных (по отношению к оси мельниц) стен или П-образных рам, опирающихся на отдельные бетонные плиты.

Фундаменты под мельничные установки с коротким барабаном проектируют в виде опирающихся на общую бетонную плиту постаментов под опоры мельницы, электродвигатель и редуктор.

Примечания. 1. Установка двигателя и редуктора трубчатых мельниц на разные фундаменты не допускается.

2. В слабых, сильно сжимаемых грунтах рекомендуется связывать продольными лентами фундамент электродвигателя и редуктора с первым фундаментом под мельницу со стороны входа.

3. На скальных, полускальных, твердых глинистых и других прочных грунтах с расчетным сопротивлением более 3 *кг/см²* постаменты под мельницы с коротким барабаном допускается опирать на отдельные бетонные подушки без устройства общей плиты.

120. При проектировании фундаментов под трубчатые мельницы необходимо:

а) толщину каждой поперечной стены или рамы принимать не менее $^1/_3$ ширины поддерживаемой ею площадки и не менее 0,8 *м*;

б) в рамных фундаментах отношение длины ригеля в свету к наименьшему из поперечных размеров принимать не более 2, а длины стойки к наименьшему из ее поперечных размеров — не более 4;

в) толщину нижних плит определять по расчету их прочности и назначать не менее толщины стен или рам.

121. В стеновых фундаментах трубчатых мельниц устанавливают арматуру по всем граням фундамента:

а) по боковым граням — вертикальные стержни диаметром 16 *мм* с шагом 200—250 *мм* и горизонтальные стержни диаметром 12 *мм*, по 3—4 стержня на 1 *пог. м*;

б) у верхней грани нижней плиты — сетки из стержней диаметром 12—16 *мм* из расчета 5 стержней на 1 *пог. м*, а у подошвы — сетки из стержней, шаг и диаметр которых устанавливают по расчету;

в) в местах, ослабленных отверстиями, вырезами и пр.

Верхнюю часть рамных фундаментов трубчатых мельниц армируют по обычной схеме армирования жестких рам, причем количество арматуры устанавливают, исходя из ми-

нимального процента армирования, допускаемого «Нормами и техническими условиями проектирования бетонных и железобетонных конструкций» (НиТУ 123-55).

5. РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ

122. Расчет фундаментов под дробилки включает:

а) определение амплитуд горизонтальных колебаний верхнего обреза фундамента;

б) определение статического давления, передаваемого фундаментом на основание;

в) проверку прочности конструкций фундамента.

123. Определение амплитуд вынужденных колебаний фундаментов под гирационные и щековые дробилки производится по формулам пп. 36—38 раздела II настоящих технических условий.

Расчетное значение амплитуды горизонтальных колебаний верхнего обреза фундамента не должно превосходить 0,3 *мм*.

124. При определении амплитуд вынужденных колебаний фундаментов под гирационные и щековые дробилки в расчет вводятся неуравновешенные силы инерции (возмущающие силы), принимаемые по данным завода-изготовителя машин.

При отсутствии таких данных определение возмущающих сил может производиться согласно приложению 5.

125. Определение амплитуд горизонтальных колебаний массивных групповых фундаментов под гирационные дробилки производится по тем же формулам пп. 36—38 раздела II настоящих технических условий, причем в расчет вводится равнодействующая неуравновешенных сил инерции всех дробилок, определяемая по формуле

$$Q_р = \psi P, \qquad (28$$

где P — величина неуравновешенной центробежной силы (возмущающей силы) одной дробилки (см. приложение 5);

ψ — коэффициент, принимаемый равным:

а) числу дробилок — при числе дробилок, меньшем 4;

б) 4 — при числе дробилок от 4 до 8;

в) половине числа дробилок — при числе дробилок более 8.

126. Определение амплитуд колебаний фундаментов под валковые дробилки производить не обязательно.

127. Определение статического давления на основание фундаментов под дробильное оборудование производят от действия следующих нагрузок:

а) собственного веса фундамента;

б) собственного веса дробилки и другого оборудования, устанавливаемого на фундаменте;

в) натяжения приводного ремня (в случаях, когда дробилка и электродвигатель устанавливаются на разных фундаментах).

Коэффициент уменьшения расчетного сопротивления основания (см. п. 18) принимается $\alpha = 1$.

128. Прочность конструкций фундаментов под щековые и гирационные дробилки (рам, балок и ослабленных элементов конструкций стен) проверяют на действие:

а) собственного веса элементов конструкций и оборудования;

б) неуравновешенных сил инерции соответствующей дробилки, увеличенных (для щековых и гирационных дробилок) в 5 раз.

129. Расчет фундаментов мельничных установок сводится к проверке давления на основание, при этом за нагрузки принимают собственный вес фундамента и всех элементов мельничной установки.

Коэффициент уменьшения расчетного сопротивления грунта (см. п. 18) принимается $\alpha = 0{,}8$.

VIII. ФУНДАМЕНТЫ ПОД МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

130. Настоящий раздел распространяется на проектирование фундаментов под металлорежущие станки (кроме уникальных) весом не более 25 *т*.

1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

131. Задание на проектирование фундаментов под металлорежущие станки должно содержать материалы, указанные в п. 5, при этом в чертежах габаритов верхней части фундаментов должны быть указаны контуры опорной площадки станины, расположение и размеры анкерных болтов и колодцев для них, регулировочных клиньев, закладных частей, а также выемок, каналов и шахт, необходимость в

которых вызывается конструкцией станков и условиями их монтажа и обслуживания.

В техническую характеристику станков должны быть включены:

а) наименование станков;

б) данные о весе станков (общий вес — для станков, у которых вес станка передается на фундамент примерно равномерно; величина и схема расположения весовых нагрузок — для станков с неравномерно распределенной по опорной площади станины нагрузкой; нагрузки на каждую опору — для станков, опирающихся на отдельные тумбы) и положение центра тяжести станка;

в) данные о максимальном весе обрабатываемых деталей;

г) пределы перемещений нагрузок при работе станка;

д) характеристики возмущающих нагрузок и величина допускаемой амплитуды вынужденных колебаний (в случаях, когда необходимо производить динамический расчет фундамента или устраивать пассивную виброизоляцию станка);

е) допускаемые величины угла поворота фундамента относительно горизонтальной оси (в случаях, когда перекос фундамента может явиться причиной нарушения нормальной работы станка).

2. МАТЕРИАЛЫ ФУНДАМЕНТОВ

132. При устройстве неармированных фундаментов под станки применяют бетон марки не ниже 75 и бутобетон из бутового камня марки не ниже 200 на бетоне марки 75, а при устройстве армированных фундаментов — бетон марки 100; для кирпичных фундаментов применяют кирпич марки не ниже 100 на растворе марки не ниже 50.

3. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

133. Основанием для фундаментов под станки, нечувствительные к неравномерным осадкам, может служить грунт с расчетным сопротивлением больше 1 *кг/см*^{2}. Коэффициент уменьшения расчетного сопротивления основания (см. п. 18) принимают $\alpha = 1$.

В целях уменьшения высоты фундамента могут применяться тщательно уплотненные песчаные подушки.

134. Станки в зависимости от их веса и конструкции могут быть установлены на бетонный (жесткий) подстилающий слой пола (при условии обеспечения тщательного выполнения работ по устройству основания под полы и подстилающего слоя в соответствии с требованиями ТУ 114-55) или на отдельно стоящие фундаменты.

135. На бетонный (жесткий) подстилающий слой пола допускается устанавливать станки весом до 8 *т*, кроме станков с повышенными динамическими нагрузками (долбежные, поперечно-строгальные и т. п.) и чувствительных к вибрациям основания (например, координатно-расточные станки); толщину бетонного подстилающего слоя определяют по расчету и назначают не менее 100 *мм*.

Примечание. При проектировании и расчете бетонного подстилающего слоя следует руководствоваться указаниями «Инструкции по проектированию полов производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий» (И 223-56/МСПМХП).

136. При установке станков на отдельно стоящие фундаменты размеры фундамента в плане определяют по габаритам опорной площади станины, а высоту бетонных фундаментов принимают по табл. 10; высоту бетонных фундаментов под прецизионные станки принимают по табл. 10 с умножением на коэффициент 1,2. Расстояние от грани колодцев для анкерных болтов до грани фундамента должно быть не менее 120 *мм*; расстояние от грани опор станины до грани фундамента должно быть не менее 100 *мм*.

Для легких станков (весом до 4 *т*) могут быть применены кирпичные фундаменты высотой не менее 0,5 *м*.

Таблица 10

Высота бетонных фундаментов под металлорежущие станки

№ п/п	Наименование станков	Высота фундамента в *м*
1	Токарные Автоматы и полуавтоматы Горизонтально-протяжные	$0{,}2\sqrt{L}$
2	Зуборезные Карусельные Вертикальные полуавтоматы и автоматы Карусельно-фрезерные, фрезерные вертикальные и горизонтальные Расточные со столом	$0{,}6\sqrt{L}$

Продолжение табл. 10

№ п/п	Наименование станков	Высота фундамента в *м*
3	Радиально-сверлильные Поперечно-строгальные Долбежные Вертикально-протяжные	1—2
4	Шлифовальные	$0{,}4\sqrt{L}$
5	Продольно-строгальные Продольно-фрезерные Расточные на колонке	$0{,}3\sqrt{L}$

Примечания. 1. L —длина фундамента в *м*.

2. Под легкие (весом до 4 *т*) фрезерные, зуборезные и сверлильные станки высоту бетонного фундамента принимают равной 0,25 *м*.

137. Бетонные фундаменты под станки весом более 12 *т*, а также под станки с повышенными динамическими нагрузками (долбежные, поперечно-строгальные и т. п.) армируют сеткой с ячейками 150×150 *мм* из круглой стали диаметром 6—8 *мм*, укладываемой под подошвой станины на расстоянии 20—30 *мм* от верхней грани фундамента.

Необходимость армирования подошвы фундамента устанавливают по расчету.

138. В случаях, когда по требованию задания на проектирование необходим динамический расчет фундамента (например, при скоростных режимах резания), производят расчет вынужденных колебаний фундамента как твердого тела на упругом основании. Величины расчетных амплитуд колебаний фундамента не должны превышать допускаемых, указанных в задании на проектирование.

139. Для станков, чувствительных к перекосам фундамента под действием нагрузки, перемещающихся во время работы станка относительно его центра тяжести, при статическом расчете необходимо определять углы поворота фундамента.

Определенный по расчету угол поворота фундамента относительно горизонтальной оси не должен превышать величины, указанной в задании на проектирование.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

УКАЗАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ ПОД МАШИНЫ С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

1. В настоящих указаниях предусматриваются дополнительные требования к производству работ по возведению фундаментов под машины с динамическими нагрузками, которые необходимо выполнять наряду с требованиями соответствующих разделов «Технических условий на производство и приемку строительных и монтажных работ», утвержденных Госстроем СССР.

2. Производство работ по устройству фундаментов под машины разрешается лишь при наличии рабочих чертежей, составленных с учетом местных грунтовых условий; в чертежах должны быть указаны: привязка осей, проектные отметки и расположение всех отверстий и закладных частей.

3. Закладка фундаментов под ответственные агрегаты (турбоагрегаты, прокатные станы, дизели, компрессоры и кузнечные молоты) должна производиться после технической приемки основания; о результатах приемки должен быть составлен акт.

4. Если на уровне заложения подошвы фундамента будут обнаружены неучтенные проектом неоднородные, слабые или сильно сжимаемые грунты (например, торфянистые или насыпные) либо грунты пучинистые (при устройстве фундаментов мелкого заложения внутри неотапливаемых зданий или вне зданий), то вопрос о глубине заложения и размерах фундаментов должен быть пересмотрен совместно с проектной организацией.

5. При производстве работ по устройству фундаментов под машины внутри или вблизи зданий и сооружений должны быть приняты меры против возможной осадки или повреждения существующих конструкций.

6. Установка пробок и закладных частей должна производиться с особой тщательностью, в полном соответствии с проектом, и на время производства работ по укладке бетона они должны прочно крепиться к опалубке или специальным конструкциям.

7. Перед укладкой бетона при устройстве бетонных и железобетонных фундаментов необходимо: а) проверить правильность устройства и установки опалубки и арматуры; б) проверить правильность установки и надежность закрепления пробок, закладных частей, металлического каркаса и опорных плит; в) проверить правильность устройства опалубки колодцев для анкерных болтов, обеспечивающего последующую беспрепятственную выемку этой опалубки; г) при наличии в фундаменте металлического каркаса проверить: горизонтальность положения верхних балок каркаса нивелированием (полки балок должны лежать в строго горизонтальной плоскости, положение балок в горизонтальном направлении должно быть обеспечено с точностью

до 1,5 *мм*), тщательность очистки элементов каркаса от грязи, ржавчины и масла (окраска не допускается), отсутствие опирания балок каркаса на элементы опалубки (балки должны опираться на самостоятельные стойки)

8. Укладку бетонной смеси и бутобетонной кладки производят горизонтальными слоями, как правило, без перерывов; при вынужденных перерывах продолжительностью более 2 час. рабочие швы устраивают с особо тщательным соблюдением следующих требований по их размещению и обработке.

а) Рабочие швы при перерывах в укладке бетонной смеси рамных и стеновых фундаментов допускаются на уровне сопряжения колонн или стен с нижней фундаментной плитой или на уровне пола первого этажа (конденсационного пола — для фундаментов под турбогенераторы) по условиям выполнения нулевого цикла работ.

б) При бетонировании фундамента под кузнечный молот не допускается устройство рабочего шва в пределах 1,5 *м* верхней (подшаботной) части фундамента.

в) При вынужденном перерыве более 2 час. рабочие швы должны быть упрочнены вертикально расположенными короткими стержнями диаметром 8—12 *мм*, длиной 600—700 *мм*. Эти стержни должны быть заделаны в бетоны на глубину 300—350 *мм* в каждую сторону от рабочего шва на расстоянии 400—600 *мм* один от другого в массивных элементах бетонируемого фундамента, а в элементах, имеющих небольшие сечения, — на расстоянии 200—250 *мм*.

г) Возобновление бетонирования допускается только после достижения бетоном прочности на сжатие не менее 12 *кг/см*^{2}. Поверхность ранее уложенного бетона перед бетонированием должна быть тщательно очищена от грязи и цементной пленки и промыта водой. Новый бетон укладывают на увлажненную поверхность.

9. Возле закладных частей, служащих опорами для ответственных частей машин (например, подшипников), а также вокруг верхних балок металлического каркаса, уплотнение бетона необходимо производить с особой тщательностью.

10. При бетонировании фундаментов под турбоагрегаты проверка правильности положения пробок должна производиться не реже одного раза в час.

11. Бетонирование или каменная кладка фундамента, как правило, не должны доводиться до наибольших проектных отметок на толщину, необходимую для подливки опорной рамы или станины машины (30—50 *мм*), а при наличии металлического каркаса в фундаменте — на 80—100 *мм* ниже верхних полок металлических балок.

12. Подливка опорной рамы (станины) машины, если таковая предусмотрена проектом, должна производиться бетоном марки не ниже 150, причем для тесных мест или при толщине подливки менее 40 *мм* рекомендуется применение бетона на мелком гравии или раствора марки не ниже 100. Верхняя поверхность фундамента перед подливкой должна быть насечена, тщательно очищена от грязи и промыта водой. В опорных рамах машин должны быть предусмотрены отверстия для заливки бетона или раствора в полость ее сверху.

При толщине подливки более 50 *мм* для надежной связи подливки с ранее уложенным бетоном следует заранее ставить вертикальные стержни диаметром 6—8 *мм* через 200 *мм*. В этом случае бетон подливки рекомендуется принимать с водоцементным отношением, равным 0,7—0,75, при осадке конуса, равной 70—90 *мм*.

Подливку допускается производить только после установки и выверки машины и не ранее, чем по получении письменного указания организации, производящей монтаж оборудования.

13. Заливку анкерных болтов, если она предусмотрена проектом, производят бетоном марки не ниже 150 с применением мелкого гравия. Перед заливкой колодцы для анкерных болтов должны быть тщательно очищены от остатков опалубки и мусора и промыты.

14. Возведение фундаментов под машины с динамическими нагрузками на мерзлом основании не допускается.

15. При сооружении фундаментов под машины отклонения в размерах от требуемых проектом не должны превышать:

а) по основным размерам в плане (длина, ширина) . . ±30 *мм*
б) по отметкам верхней поверхности фундамента без учета высоты подливки . . . . . —30 »
в) по размерам выступов в плане . . . . . —20 »
г) по размерам внутренних полостей, выемок, каналов и колодцев в плане . . . . . +20 »
д) по расстояниям между центрами колодцев для анкерных болтов и осями фундамента (или машины) . . ±10 »
е) по отклонению осей анкерных болтов и закладных деталей в плане . . . . . ± 5 »
ж) по отклонениям отметок верхних торцов анкерных болтов . . . . . ±20 »
з) отклонение осей колодцев для анкерных болтов от вертикали . . . . . 5 *мм* на 1 *м*
и) по размерам и положению прочих элементов фундаментов — в соответствии с указаниями действующих «Технических условий на производство и приемку строительных и монтажных работ».

16. При сооружении фундаментов под агрегаты значительной мощности, а также под кривошипно-шатунные и ударные механизмы должно производиться промежуточное освидетельствование основания, опалубки, арматуры, закладных частей и пробок каждого фундамента. Результаты промежуточного освидетельствования фиксируются в актах.

Кроме того, должны отмечаться (в актах или журналах работ) данные о вынужденных перерывах в укладке бетона, имевших место при бетонировании указанных фундаментов, а также о выполнении необходимых мероприятий по обработке рабочих швов.

17. Приемка работ по устройству фундаментов под машины производится по общим правилам, установленным соответствующими разделами действующих «Технических условий на производство и приемку строительных и монтажных работ» с учетом требований настоящих указаний.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМУЩАЮЩИХ НАГРУЗОК МАШИН С КРИВОШИПНО-ШАТУННЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

1. Общие случаи определения возмущающих нагрузок

1. Основными возмущающими нагрузками машин с кривошипно-шатунными механизмами (дизелей, поршневых компрессоров и насосов, лесопильных рам, паровых машин и т. п.), вызывающими вынуж-

денные колебания их фундаментов, являются неуравновешенные силы и моменты инерции движущихся частей кривошипно-шатунных механизмов, зависящие от основной частоты вращения вала машин. Эти силы и моменты называют возмущающими нагрузками первых гармоник.

При движении кривошипно-шатунного механизма, кроме возмущающих нагрузок первых гармоник, возникают еще неуравновешенные силы и моменты, зависящие от удвоенного, учетверенного, ушестеренного и т. д. значения основной частоты. Эти составляющие возмущающих нагрузок носят название вторых, четвертых, шестых и т. д. гармоник возмущающих нагрузок, величины которых по сравнению с величинами первых гармоник возмущающих нагрузок малы. Поэтому расчет амплитуд вынужденных колебаний производят только с учетом возмущающих нагрузок первой гармоники, пренебрегая влиянием высших гармоник возмущающих нагрузок.

2. Суммарные возмущающие нагрузки, действующие на фундамент от машины, зависят от возмущающих нагрузок, развиваемых каждым цилиндром (или каждым кривошипно-шатунным механизмом).

3. Данные, необходимые для определения возмущающих сил, развиваемых каждым кривошипно-шатунным механизмом:

а) число оборотов машины в 1 мин n;

б) вес кривошипа G_1 в $т$;

в) вес шатуна G_3 в $т$;

г) вес возвратно-поступательно движущихся частей — поршня, штока, крейцкопфа и т. п. — G_2 в $т$;

д) радиус кривошипа R_0 в $м$;

е) расстояние от оси вращения до центра тяжести кривошипа R_1 в $м$;

ж) длина шатуна L_0 в $м$;

з) расстояние от центра тяжести шатуна до пальца кривошипа L_1 в $м$;

и) для машин, имеющих противовесы — вес последних и расстояние от их центров тяжести до оси вращения.

4. Возмущающие силы, развиваемые каждым цилиндром, могут быть разложены на составляющие Q_i по направлению скольжения поршня и P_i перпендикулярно ему, определяемые по формулам

$$Q_i = R_0\omega^2 (m_{ai} + m_{bi}) \cos(\omega t + \beta_i); \tag{29}$$

$$P_i = R_0\omega^2 m_{ai} \sin(\omega t + \beta_i), \tag{30}$$

где i — номер цилиндра (или кривошипно-шатунного механизма);

t — время в секундах;

$\omega = 0{,}105\ n$ — угловая частота вращения машины в $сек.^{-1}$;

ωt — угол в радианах, определяющий положение первого кривошипа в данный момент времени t;

m_a — масса частей кривошипно-шатунного механизма в $т\ сек^2/м$, приведенная к пальцу кривошипа, определяемая по формуле

$$m_a = \frac{1}{g}\left[\frac{R_1}{R_0} G_1 + \left(1 + \frac{L_1}{L_0}\right) G_3\right]; \tag{31}$$

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 $м/сек^2$;

$m_в$ — масса частей кривошипно-шатунного механизма в $т$ $сек^2/м$, приведенная к крейцкопфу, определяемая по формуле

$$m_b = \frac{1}{g}\left(G_2 + \frac{L_1}{L_0} G_3 \right). \tag{32}$$

Здесь β_i — угол заклинивания в радианах рассматриваемого (i-го) цилиндра, т. е. угол, составленный кривошипом рассматриваемого цилиндра с кривошипом первого цилиндра, угол заклинивания которого принимается равным нулю.

5. Суммарные составляющие возмущающих сил, действующие на фундамент от цилиндров машины, равны алгебраической сумме составляющих от каждого цилиндра и определяются по формулам

$$Q = \Sigma Q_i = R_0\omega^2 \Sigma (m_{ai} + m_{bi}) \cos(\omega t + \beta_i); \tag{33}$$

$$P = \Sigma P_i = R_0 \omega^2 \Sigma m_{ai} \sin(\omega t + \beta_i). \tag{34}$$

6. В случае, если все цилиндры одинаковы, суммарные составляющие возмущающих сил, действующих на фундамент, определяются по формулам

$$Q = R_0\omega^2 (m_a + m_b) \Sigma \cos(\omega t + \beta_i); \tag{35}$$

$$P = R_0\omega^2 m_a \Sigma \sin(\omega t + \beta_i). \tag{36}$$

7. Приведенные выше формулы (29) — (36) относятся к машинам, не имеющим противовесов; при наличии противовесов в формулах масса m_{ai} уменьшается на величину φ, равную

$$\varphi = \frac{R_{ni}}{R_0} m_{ni}, \tag{37}$$

где R_{ni} — расстояние от оси вращения до центра тяжести противовеса в $м$;

m_{ni} — масса противовеса в i-м цилиндре.

8. Кроме возмущающих сил, машины с кривошипно-шатунными механизмами имеют возмущающие пары, которые также вызывают вынужденные колебания фундамента. Величины этих моментов зависят от расположения машины на фундаменте (см. ниже, пп. 9—13).

2. Частные случаи определения возмущающих нагрузок для машин, имеющих различное число цилиндров

9. Одноцилиндровая машина с противовесом. Угол заклинивания кривошипов машины равен нулю. Полагая в формулах (1) и (2) $i = 1$ и $\beta = 0$, получим для составляющих возмущающих сил

$$Q = R_0\omega^2 (m_a + m_b) \cos\omega t; \tag{38}$$

$$P = R_0\omega^2 m_a \sin\omega t. \tag{39}$$

Возмущающие моменты будут равны

$$M_1 = l_P P; \tag{40}$$

$$M_2 = l_Q Q, \tag{41}$$

где l_P и l_Q — расстояния от линий действия силы P и Q до центра тяжести установки (фундамента и машины).

10. Двухцилиндровая машина.

а) Кривошипы направлены в одну сторону; в этом случае

$$\beta_1 = \beta_2 = 0.$$

Суммарные составляющие возмущающих сил равны арифметической сумме составляющих в каждом цилиндре.

Если кривошипно-шатунные механизмы одинаковы и машина располагается симметрично относительно главной вертикальной плоскости фундамента, то суммарный возмущающий момент равен сумме произведений горизонтальных составляющих неуравновешенных сил инерции на расстояние от линии их действия до центра тяжести установки

Машины с указанным значением углов заклинивания должны быть отнесены к классу машин весьма неуравновешенных и опасных с точки зрения вибраций.

б) Кривошипы направлены под углом 90°, в этом случае

$$\beta_1 = 0 \text{ и } \beta_2 = \frac{\pi}{2}.$$

Такое расположение кривошипов наиболее часто имеет место в двухцилиндровых машинах.

Если кривошипы в обоих цилиндрах одинаковы, то, полагая в формулах (35) и (36) $\beta_1 = 0$ и $\beta_2 = \frac{\pi}{2}$, получим

$$Q = \sqrt{2}\, Q_l; \tag{42}$$

$$P = \sqrt{2}\, P_l, \tag{43}$$

т. е. суммарные составляющие сил увеличиваются в $\sqrt{2}$ раза по сравнению с составляющими возмущающих сил в каждом цилиндре. Кроме возмущающих сил, имеются возмущающие моменты, которые вычисляются аналогично указанному выше (п. 9).

в) Кривошипы направлены под углом 180° друг к другу; в этом случае

$$\beta_1 = 0 \text{ и } \beta_2 = \pi$$

Если цилиндры одинаковы, то по формулам (35) и (36) получим

$$\left.\begin{aligned} Q &= 0; \\ P &= 0, \end{aligned}\right\} \tag{44}$$

т е. возмущающие силы уравновешены.

Основными возмущающими нагрузками являются моменты самой машины (см. ниже, п. 14):

$$M_1^{\text{м}} = l_{\text{ц}} P_l; \tag{45}$$

$$M_2^{\text{м}} = l_{\text{ц}} Q_l, \tag{46}$$

где $l_{\text{ц}}$ — расстояние между цилиндрами.

11. Трехцилиндровая машина. Обычно кривошипы в цилиндрах таких машин расположены под углом 120° друг к другу; в этом случае

$$\beta_1 = 0, \qquad \beta_2 = 120°, \qquad \beta_3 = 240°.$$

Если цилиндры одинаковы, то суммарные составляющие возмущающих сил будут уравновешены, и возмущающими нагрузками являются моменты самой машины:

$$M_1^{\text{м}} = l_{\text{ц}} \sqrt{3}\, P_i; \tag{47}$$

$$M_2^{\text{м}} = l_{\text{ц}} \sqrt{3}\, Q_i. \tag{48}$$

12. Четырехцилиндровая машина. Возмущающие силы уравновешены. Имеется возмущающий момент самой машины (см. ниже, п. 14).

Если при одинаковых цилиндрах углы заклинивания равны $\beta_1 = 0$ $\beta_2 = \pi$, $\beta_3 = \pi$, $\beta_4 = 2\pi$, то возмущающие моменты самой машины также уравновешены.

13. Шестицилиндровая машина. Уравновешены как возмущающие силы, так и возмущающие моменты.

14. При определении амплитуд колебаний фундаментов в горизонтальном направлении, перпендикулярном главному валу машины (см. п. 35 и 37, «а»), возмущающие моменты самой машины $M_1^{\text{м}}$ и $M_2^{\text{м}}$ можно не вычислять, так как $M_1^{\text{м}}$ не вызывает, а $M_2^{\text{м}}$ вызывает незначительные колебания фундамента в этом направлении.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

РАСЧЕТ НА КОЛЕБАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ПОД НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

1. Расчет на колебания фундаментов под низкочастотные электрические машины (мотор-генераторы и синхронные компенсаторы) с числом оборотов в 1 мин. 1 000 и менее сводится к определению максимальной амплитуды горизонтальных (перпендикулярных оси вала машины) колебаний верхней плиты или (для массивных и стеновых фундаментов) верхнего обреза фундамента.

Расчет производят на действие нормативных центробежных сил инерции (возмущающих сил), величины которых принимают по табл. 11.

Определенные по расчету амплитуды колебания фундаментов не должны превышать величин, указанных в табл. 11.

2. Амплитуды колебаний массивных и стеновых фундаментов определяют по формулам раздела II настоящих технических условий.

3. Амплитуды горизонтальных колебаний рамных фундаментов определяют по формуле

$$A = A_x + A_\varphi\, l_{\text{макс}}, \tag{49}$$

где $l_{\text{макс}}$ — расстояние от центра тяжести верхней плиты до наиболее удаленного подшипника машины в *м*;

A_x — амплитуда горизонтальных колебаний центра тяжести верхней плиты в *м*, вычисляемая по формуле

$$A_x = \frac{P}{c_x} \cdot \frac{\mu_{\text{макс}}}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\lambda_x^2}\right)^2 \mu_{\text{макс}}^2 + \frac{\omega^2}{\lambda_x^2}}}, \tag{50}$$

Таблица 11

Величины центробежных сил инерции и максимальных амплитуд колебаний фундаментов

Число оборотов в 1 мин.	Более 750	500—750	Менее 500
Нормативная величина центробежных сил P в долях веса вращающихся частей $G_в$ . . .	0.2 $G_в$	0,15 $G_в$	0,1 $G_в$
Максимальная амплитуда колебаний в *мм*	0,1	0,15	0,2

A_φ — амплитуда (угол поворота в радианах) вращательных колебаний верхней плиты относительно вертикальной оси, проходящей через ее центр тяжести, вычисляемая по формуле

$$A_\varphi = \frac{Pl_{макс}}{2c_\varphi} \cdot \frac{\mu_{макс}}{\sqrt{\left(1+\frac{\omega^2}{\lambda_\varphi^2}\right)^2 \mu_{макс}^2 + \frac{\omega^2}{\lambda_\varphi^2}}}; \qquad (51)$$

P — величина возмущающей силы (центробежной) в *т*, определяемая по табл. 11;

$\omega = 0{,}105\, n$ — угловая частота вращения машины в сек.$^{-1}$

$\mu_{макс}$ — коэффициент динамичности при резонансе, принимаемый для железобетонных фундаментов (с учетом упругости грунта основания) равным 8;

c_x и c_φ — коэффициенты жесткости конструкции фундамента соответственно в горизонтальном направлении, перпендикулярном оси вала машины в *т/м* и при повороте в горизонтальной плоскости в *тм*, определяемые по формулам (52) и (53);

λ_x и λ_φ — угловые частоты собственных горизонтальных и вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести верхней плиты его, в сек.$^{-1}$, определяемые по формулам (55) и (56).

4. Коэффициенты жесткости c_x в *т/м* и c_φ в *тм* фундамента вычисляют по формулам

$$c_x = \frac{1}{\frac{1}{K_x} + \frac{h^2}{K_\varphi} + \frac{1}{c}}; \qquad (52)$$

$$c_\varphi = \sum_{i=1}^{m} c_i\, l_i^2, \qquad (53)$$

K_x и K_φ — коэффициенты жесткости основания соответственно при упругом равномерном сдвиге и неравномерном сжатии его, определяемые согласно п. 22 или 24 и 25 настоящих технических условий;

h — высота фундамента в *м*;

$c = \sum_{i=1}^{m} c_i$ — сумма коэффициентов жесткости всех поперечных рам фундамента в горизонтальном направлении, перпендикулярном оси вала машины, в *т/м* (m — число этих рам);

l_i — расстояние от плоскости i-й поперечной рамы до центра тяжести верхней плиты в *м*.

Величины коэффициентов жесткости поперечных рам c_i рекомендуется определять по формуле

$$c_i = \frac{12EJ_{h,i}}{h_i^3} \cdot \frac{1+6K_i}{2+3K_i}, \qquad (54)$$

где

$$K_i = \frac{h_i J_{l,i}}{l_i J_{h,i}};$$

E — модуль упругости материала рам верхнего строения;

$I_{l,i}$, $I_{h,i}$ — моменты инерции площади поперечных сечений соответственно ригеля и стойки рамы;

h_i, l_i — соответственно расчетная высота стойки и расчетный пролет ригеля i-й поперечной рамы.

Примечание. Допускается принимать расчетную высоту стоек равной расстоянию от верхней грани нижней плиты до оси ригеля (проходящей через центр тяжести площади его сечения), а расчетный пролет ригеля — равным 0,9 от расстояния между осями стоек

5. Частоты λ_x и λ_φ определяют по формулам

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{c_x}{m}}; \qquad (55)$$

$$\lambda_\varphi = \sqrt{\frac{c_\varphi}{\theta}}, \qquad (56)$$

где m — приведенная масса системы, включающая массу всей машины, массу верхней плиты и 30% массы всех стоек фундамента;

θ — момент инерции массы m относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести верхней плиты (горизонтальной рамы).

Допускается определять величину θ по приближенной формуле

$$\theta = 0{,}1\, ml^2, \qquad (57)$$

где l — длина верхней плиты.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ НА ФУНДАМЕНТЫ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ БЛЮМИНГОВ И СЛЯБИНГОВ

1. Основные нормативные временные нагрузки на фундамент, возникающие при нормальной работе основного оборудования блюмингов и слябингов, определяют следующим образом.

а) Величину нормативной кратковременной горизонтальной силы T в $т$, возникающей в рабочей клети прокатного стана при внезапном захвате слитка после буксовки и действующей вдоль оси прокатки в обоих направлениях, определяют по формуле

$$T = \frac{M_{гл}}{D}, \tag{58}$$

где D — диаметр рабочих валков рабочей клети в $м$;

$M_{гл}$ — максимальный крутящий момент на главном валу стана в $тм$, определяемый согласно указаниям п. 1 «б» по формулам (59) и (60).

б) Момент $M_{гл}$ принимают равным:

для блюмингов — максимальному вращающему моменту электродвигателя

$$M_{гл} = 3M_б; \tag{59}$$

для слябингов — сумме двух равных по величине вращающих моментов каждого электродвигателя

$$M_{гл} = 2.3M_с = 6M_с, \tag{60}$$

где 3 — коэффициент, учитывающий возможность повышения нагрузки от электродвигателя при нормальной эксплуатации стана;

$M_б$ и $M_с$ — вращающие моменты электродвигателей в $тм$ соответственно блюминга и слябинга, определяемые по формуле

$$\left.\begin{aligned} M_б &= 0{,}716\ \frac{W_б}{n_0}; \\ M_с &= 0{,}716\ \frac{W_с}{n_0}; \end{aligned}\right\} \tag{61}$$

$W_б$ и $W_с$ — номинальная мощность электродвигателя блюминга или слябинга в $л.\ с.$;

n_0 — число оборотов двигателя в 1 мин.

в) Величину нормативного момента электродвигателя блюминга, действующего в плоскости, перпендикулярной оси его вала и передающегося на фундамент, определяют по формуле

$$M_{дв.б} = \mu M_{гл} = \mu^3 M_б тм, \tag{62}$$

где $\mu = 2$ — коэффициент динамичности.

От электродвигателей слябинга передаются на фундамент два равных по величине и противоположно направленных момента, следова-

тельно, скручивающий момент, действующий на фундамент, равен нулю. Нормативная величина каждого из этих моментов равна $3M_c$.

г) Нормативный момент $M_ш$, передающийся от шестеренной клети блюминга на фундамент, принимают равным по величине $M_{дв\cdot б}$ и определяют по формуле (62). Моменты $M_ш$ и $M_{дв\cdot б}$ действуют в противоположных направлениях.

д) Все моменты, передающиеся на фундамент, могут действовать в двух направлениях: по часовой и против часовой стрелки.

2. Особые нормативные нагрузки на фундамент, возникающие при поломке одного из шпинделей, определяют следующим образом.

Нормативный момент, передающийся от рабочей клети на фундамент, определяют по формуле

$$M'_р = \mu M_{гл}. \tag{63}$$

Нормативный момент, передающийся от шестеренной клети блюминга на фундамент, определяют по формуле

$$M'_ш = 2M_ш = 2\mu M_{гл}. \tag{64}$$

В формулах (63) и (64):

$\mu = 2$ — коэффициент динамичности;

$M_{гл}$ имеет прежнее значение.

Моменты $M'_р$ и $M'_ш$ действуют в вертикальных плоскостях, перпендикулярных оси стана, и имеют противоположное направление, причем каждый из них может действовать в двух направлениях: по часовой и против часовой стрелки.

3. Совместное действие горизонтальной силы T с моментами $M_р$, $M'_ш$, $M_ш$ и $M_{дв}$ на фундамент исключается.

4. Коэффициент перегрузки (при расчете по предельным состояниям) для основных и особых нагрузок принимается равным 1,2.

При расчете с учетом особых сочетаний нагрузок в соответствии с указаниями главы II-Б.1 СНиПа вводится коэффициент 0,8.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМУЩАЮЩИХ СИЛ ДЛЯ РАСЧЕТА ФУНДАМЕНТОВ ПОД ДРОБИЛКИ

Величину нормативной возмущающей силы дробилок определяют по формуле

$$P = P_0 \sin \omega t, \tag{65}$$

где P_0 — амплитуда нормативной неуравновешенной силы инерции в $т$, принимаемая по табл. 12;

$\omega = 0{,}105\, n$ — угловая частота вращения главного вала дробилки в $сек.^{-1}$;

n — число оборотов вала дробилки в 1 мин.

Таблица 12

Величины амплитуд P_0 неуравновешенных сил инерции, принимаемые в расчетах на колебания фундаментов гирационных и щековых дробилок

Вид дробилок	Размер дробилки в *мм*	Число оборотов дробилки в 1 мин. n	P_0 в *т*
Гирационные с пологим конусом	1 200	270	Силы инерции не учитываются
	1 650	240	1,5
	2 100	220	8,2
Щековые дробилки . . .	1 200 × 900	170	6
	1 500 × 1 200	135	9
	2 100 × 1 500	100	12

Примечания 1. Для дробилок с размерами, указанными в табл. 12, но при других числах оборотов в 1 мин. n' разрешается определять величину P_0 неуравновешенной силы инерции по формуле

$$P_0' = P_0 \left(\frac{n'}{n} \right)^2.$$

2. Для дробилок иных размеров, чем указанные в табл 12,. величины P_0 разрешается принимать по интерполяции.

В гирационных дробилках с крутым конусом силу P прикладывают в середине длины главного вала, а с пологим конусом — в неподвижной точке (в верхнем шарнире); эта сила считается действующей в направлении наименьшего размера подошвы фундамента.

В щековых дробилках силу P прикладывают на уровне оси главного вала в направлении движения дробящей щеки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ПРИМЕРЫ ДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ФУНДАМЕНТОВ ПОД МАШИНЫ

ПРИМЕР 1. РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТА ПОД ПОРШНЕВОЙ ДВУХЦИЛИНДРОВЫЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ КОМПРЕССОР 2ВГ

1. Задание на проектирование

1. Чертежи габаритов верхней части фундамента со схемой распределения статических нагрузок от машины и расположением цилиндров приведены на рис. 1 и 2; двигатель и компрессор спарены.

2. Расстояние от оси главного вала машины по поверхности фундамента 0,9 *м*.

3. Рабочее число оборотов в 1 мин. $n = 167$.

4. Максимальное значение неуравновешенных сил инерции машины:

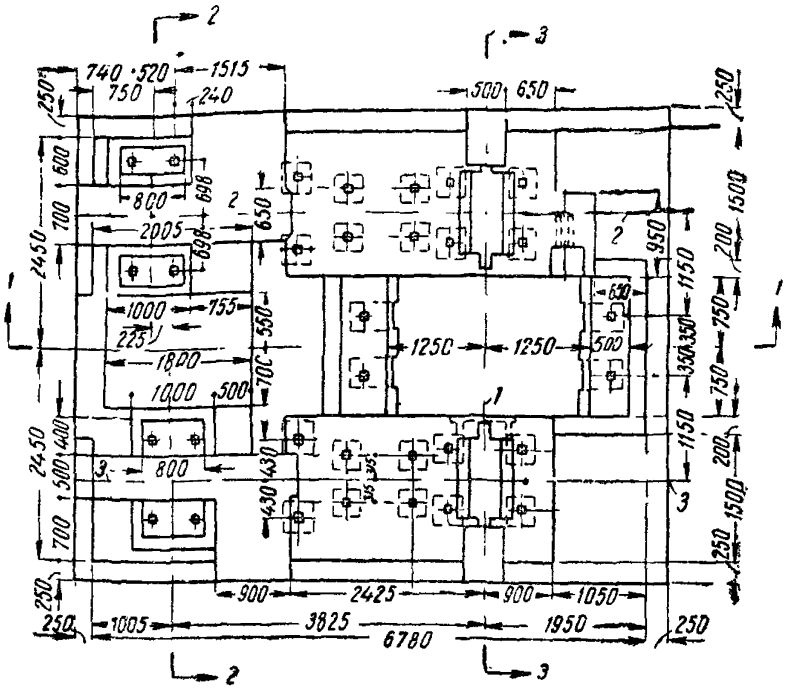

Рис. 1. Чертежи габарита фундамента под поршневой двухцилиндровый горизонтальный компрессор 2ВГ. План верхней плиты фундамента

1 — ось главного вала машины; *2* — ось цилиндра низкого давления; *3* — ось цилиндра высокого давления

а) горизонтальная составляющая в направлении движения поршня $P_x = 12{,}8$ *т*;

б) горизонтальная составляющая в направлении, перпендикулярном движению поршня, $P_y = 0$;

в) вертикальная составляющая $P_z = 0{,}78$.

5. Угол заклинивания кривошипов 90°.

6. По данным геологических исследований, основанием фундамента является грунт с расчетным сопротивлением $R = 2$ *кг/см²*.

7. Габаритные размеры фундамента не ограничиваются фундаментами здания, оборудованием и коммуникациями.

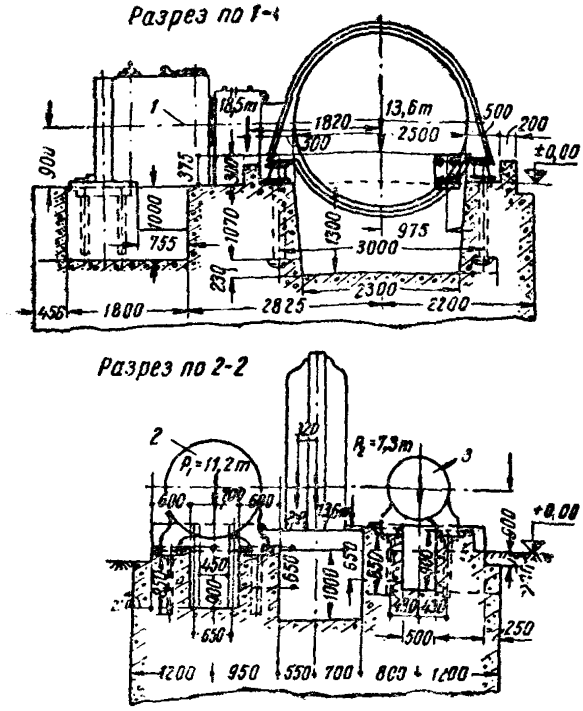

Рис. 2. Чертежи габарита фундамента под поршневой двухцилиндровый горизонтальный компрессор 2ВГ (разрезы—см. рис. 1). Расположение цилиндров компрессора и схемы распределения статических нагрузок

1 — ось цилиндров компрессора; *2* — цилиндр низкого давления; *3* — цилиндр высокого давления

2. Выбор основных габаритов и материалов фундамента

Основанием выбора габаритов фундамента, указанных на рис. 3, является чертеж завода-поставщика машины. Фундаментную плиту принимаем толщиной 0,8 *м*. Так как габаритные размеры подошвы фундамента не ограничиваются, проектируем фундамент с возможно меньшей высотой и большей площадью основания. В этом случае увеличение площади подошвы без значительного увеличения массы повысит собственные частоты колебаний фундамента и уменьшит амплитуды вынужденных колебаний его. Указанные на чертеже размеры обрезов плиты фундамента приняты примерно равными высоте плиты.

Материал фундамента — бетон марки 100 (см. п. 26).

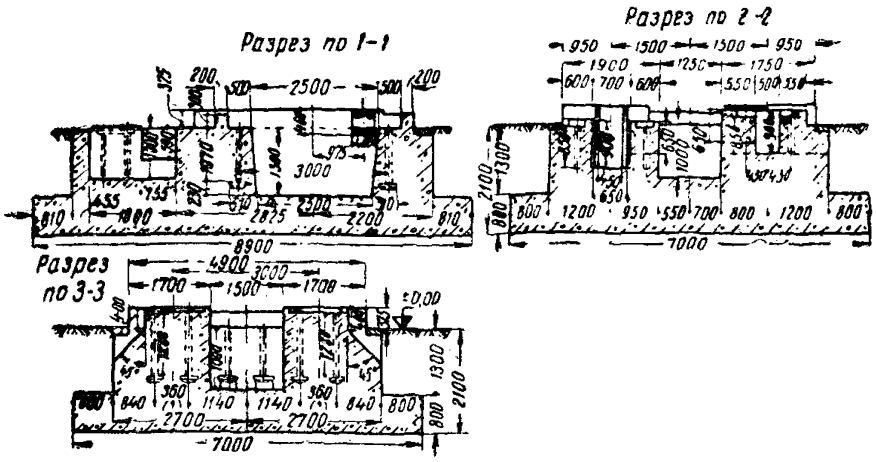

Рис. 3. Конструкция и размеры фундамента под поршневой двухцилиндровый горизонтальный компрессор 2ВГ (разрезы—см. рис. 1)

3. Центрирование подошвы фундамента и определение статического давления на грунт

Определяем координаты центра тяжести установки (фундамента и машины) относительно указанных на рис. 4 осей по формулам

$$x_0 = \frac{\Sigma m_i x_i}{\Sigma m_i}; \quad y_0 = \frac{\Sigma m_i y_i}{\Sigma m_i}; \quad z_0 = \frac{\Sigma m_i z_i}{\Sigma m_i}, \tag{66}$$

где m_i — массы отдельных элементов установки;

x_i, y_i и z_i — координаты центров тяжести элементов установки относительно осей x, y и z.

Отдельные элементы фундамента обозначены на рис. 4 цифрами *1*, *2*, *3* и т. д. При разбивке объема фундамента на элементы выбираем такие их конфигурации, которые позволили бы в дальнейшем использовать вычисленные величины масс и координаты центров тяжести элементов для определения момента инерции массы всей установки.

Данные для расчета координат центра тяжести установки приведены в графах 1—5 табл. 13.

Массы выемок фундамента приняты со знаком минус.

Координаты центра тяжести установки соответственно равны

$$x_0 = \frac{112{,}94}{24{,}65} = 4{,}6\ м; \quad y_0 = \frac{86}{24{,}65} = 3{,}49\ м;$$

$$z_0 = \frac{29{,}68}{24{,}65} = 1{,}2\ м,$$

Смещение центра тяжести массы установки относительно центра подошвы фундамента составляет:

Таблица 13

Наименование элементов установки	Размеры элементов в *м*			Масса m_i в *т сек²/м*	Координаты центров тяжести элементов относительно осей *x, y* и *z* в *м*			Статические моменты масс элементов относительно осей *x, y* и *z* в *т сек²*			Момент инерции массы элементов относительно осей y_0, проходящих через центры тяжести элементов в *т м сек²*	Координаты центров тяжести элементов относительно осей, проходящих через центр тяжести всей установки (фундамента машины), в *м*		Моменты инерции массы элементов относительно оси y_0, проходящей через центр тяжести всей установки, в *тм сек²*
	a_x	a_y	a_z	$a_x\ a_y\ a_z\ \frac{2{,}2}{9{,}81}$	x_i	y_i	z_i	$m_i\ x_i$	$m_i\ y_i$	$m_i\ z_i$	$\frac{m_i}{12}\left(a_x^2+a_z^2\right)$	x_0	z_0	$m_i\left(x_0^2+z_0^2\right)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Компрессор	—	—	—	1,88	4,07	3,18	3	7,65	5,97	5,64	—	0,53	1,8	6,62
Мотор	—	—	—	1,39	5,89	3,5	3	8,18	4,86	4,17	—	1,29	1,8	6,8
1	8,9	7	0,8	11,18	4,45	3,5	0,4	49,7	39,1	4,47	74,42	0,15	0,8	7,37
2	7,28	5,4	1,3	11,45	4,45	3,5	1,45	51	40,1	16,6	52,17	0,15	0,25	0,92
3(2)	3,35	1,95	0,375	1,1	5,12	3,5	2,29	5,63	3,84	2,52	1,04	0,52	1,09	1,59
4	2,4	1,5	1,3	—1,05	5,89	3,5	1,45	—6,18	—3,67	—1,52	—0,65	1,29	0,25	—1,81
5	1,8	1,25	1	—0,5	2,17	3,58	1,6	—1,09	—1,8	—0,8	—0,18	2,43	0,4	—3,03
6	2,63	0,7	0,84	—0,35	2,12	2	1,68	—0,74	—0,70	—0,59	—0,22	2,48	0,48	—2,24
7	1,13	0,85	0,84	—0,18	2,88	1,23	1,68	—0,52	—0,22	—0,3	—0,03	1,72	0,48	—0,57
8	2,63	0,5	0,59	—0,17	2,12	5	1,8	—0,36	—0,85	—0,31	—0,1	2,48	0,6	—1,11
9	0,88	0,95	0,59	—0,11	3	5,72	1,8	—0,33	—0,63	—0,2	—0,01	1,6	0,6	—0,32
			Σ	24,65				112,94	86	29,68	126,44			14,22

в направлении оси x

$$e_x = 4{,}6 - 4{,}45 = 0{,}15 \text{ м};$$

в направлении оси y

$$e_y = 3{,}5 - 3{,}49 = 0{,}01 \text{ м}.$$

Величина эксцентрицитетов e_x и e_y по отношению к соответствующим размерам подошвы фундамента менее 5%, что удовлетворяет требованиям п. 17 настоящих технических условий.

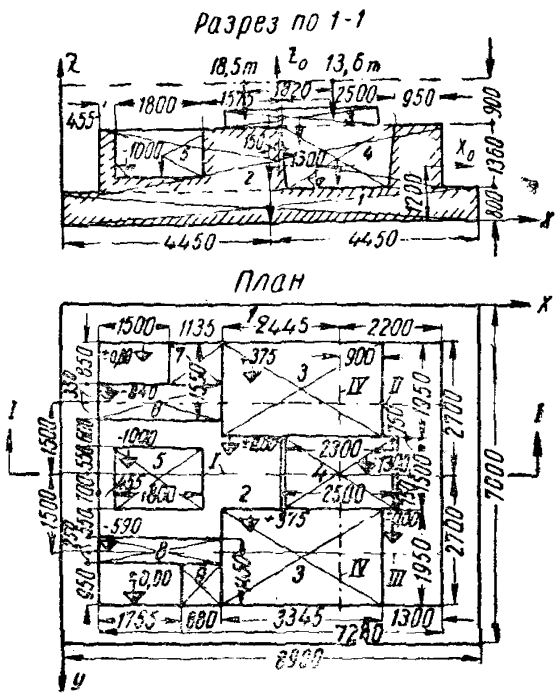

Рис. 4. Схема для вычисления центра тяжести фундамента и машины

1 — 9 — отдельные элементы фундамента; *I* — ось фундамента; *II* — ось цилиндра низкого давления; *III* — ось цилиндра высокого давления; *IV* — ось вала

Пренебрегая эксцентрицитетом, считаем, что давление на грунт от статической нагрузки распределяется равномерно по подошве фундамента и равно

$$p = \frac{g\Sigma m_i}{F} \cdot \frac{9{,}81 \cdot 24{,}65}{8{,}9 \cdot 7} = 3{,}9 \text{ т/м}^2 = 0{,}39 \text{ кг/см}^2,$$

т. е. значительно меньше расчетного сопротивления основания фундамента под компрессор $R_ф$; $R_ф = \alpha R = 2$ кг/см², где коэффициент $\alpha = 1$ (см. п. 33).

4. Определение амплитуд вынужденных колебаний фундамента

Согласно п. 35 технических условий, определение амплитуды вынужденных колебаний производим только для колебаний фундамента, вызываемых горизонтальной составляющей неуравновешенных сил инерции, действующей в направлении скольжения поршня, при этом влияние вертикальной составляющей возмущающих сил не учитываем. В этом случае установка будет испытывать горизонтальные колебания в направлении оси X и вращательные колебания в плоскости XZ.

а) Определение данных для расчета амплитуды вынужденных колебаний фундамента

1) Частота вращения машины $\omega = 0{,}105\, n = 0{,}105 \cdot 167 = 17$ сек.$^{-1}$

2) Расстояние от оси главного вала машины до общего центра тяжести массы установки равно 1,8 *м*.

3) Возмущающий момент машины $M_y = 12{,}8 \cdot 1{,}8 = 23$ *тм*.

4) Коэффициенты упругого равномерного сжатия, сдвига и неравномерного сжатия основания (см. пп. 20 и 21) принимаем равными $C_z = 4\,000$ *т/м*^{3}, $C_x = 2\,800$ *т/м*^{3} и $C_\varphi = 8\,000$ *т/м*^{3}.

5) Площадь подошвы фундамента $F = 8{,}9 \cdot 7 = 62{,}3$ *м*^{2}.

6) Момент инерции площади подошвы относительно оси, проходящей через центр тяжести ее перпендикулярно плоскости колебаний:

$$J = \frac{7 \cdot 8{,}9^3}{12} = 411\ м^4.$$

7) Масса всей установки (по графе 3 табл. 13).

$$m = 24{,}65\ т\,сек^2/м\,.$$

8) Момент инерции массы всей установки относительно оси, проходящей через общий центр тяжести перпендикулярно плоскости колебаний (по графе 6 и 8 табл. 13):

$$\Theta = 126{,}44 + 14{,}22 = 140{,}66\ тмсек^2.$$

Величина Θ определяется как сумма: а) моментов инерции масс отдельных элементов установки относительно осей y, проходящих через центры тяжести этих же элементов, и б) моментов инерции масс элементов, принятых сосредоточенными в центрах тяжести элементов относительно оси y_0, проходящей через центр тяжести всей установки (фундамента и машины), по формуле

$$\Theta = \sum \frac{m_i}{12}\left(a_x^2 + a_z^2\right) + \sum m_i \left(x_0^2 + z_0^2\right)\ тм,сек^2\,.$$

Здесь необходимо отметить, что выемки и выступы фундаментов небольших размеров, оказывают малое влияние на величину момента инерции его массы. Вычисленный как для сплошного массива момент инерции массы фундамента отличается на 10—15% от момента инерции с учетом выемок и выступов.

б) Определение амплитуд колебаний

Значения амплитуды колебаний фундамента определяем по формулам (11) — (14) п. 36 настоящих технических условий.

Коэффициенты K_φ и K_x вычисляем по формулам (5) и (6) п. 22:

$$K_\varphi = C_\varphi J = 8\,000 \cdot 411 = 3\,288 \cdot 10^3 \; тм;$$

$$K_x = C_x F = 2\,800 \cdot 62{,}3 = 174{,}2 \cdot 10^3 \; т/м.$$

По формуле (14) п. 36

$$\Delta = 24{,}65 \cdot 140{,}66 \cdot 17^4 - (3\,288 \cdot 10^3 \cdot 24{,}65 + 174{,}2 \cdot 10^3 \cdot 1{,}2^2 \cdot 24{,}65 + 174{,}2 \cdot 10^3 \cdot 140{,}66)\, 17^2 + 3\,288 \cdot 10^3 \cdot 174{,}2 \cdot 10^3 = 290 \cdot 10^6 - (81 \cdot 10^6 + 6{,}2 \cdot 10^6 + 24{,}5 \cdot 10^6)\, 289 + 573\,000 \cdot 10^6 = 550 \cdot 10^9.$$

Амплитуда горизонтальных колебаний центра тяжести установки вычисляется по формуле (12) п. 36:

$$A_x = \frac{(3\,288 \cdot 10^3 + 174{,}2 \cdot 10^3 \cdot 1{,}2^2 - 140{,}66 \cdot 17^2) 12{,}8 + 174{,}2 \cdot 10^3 \cdot 1{,}2 \cdot 23}{550 \cdot 10^9} = 0{,}09 \cdot 10^{-3} \; м.$$

Амплитуду вращательных колебаний фундамента относительно оси, проходящей через центр тяжести фундамента перпендикулярно плоскости колебаний, определяем по формуле (13) п. 36:

$$A_\varphi = \frac{174{,}2 \cdot 10^3 \cdot 1{,}2 \cdot 12{,}8 + (174{,}2 \cdot 10^3 - 24{,}65 \cdot 17^2) 23}{550 \cdot 10^9} \approx$$

$$\approx 0{,}012 \cdot 10^{-3} \text{ радиан}.$$

Расчетную величину амплитуды колебаний фундамента определяем по формуле (11) п. 36:

$$A = 0{,}09 \cdot 10^{-3} + 0{,}012 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}9 = 0{,}09 \cdot 10^{-3} + 0{,}0108 \cdot 10^{-3} = 0{,}1 \cdot 10^{-3} \; м = 0{,}1 < 0{,}25 \; мм.$$

Таким образом, расчетная величина амплитуды колебаний не превышает допускаемую п. 39.

При пользовании упрощенной формулой (16) п. 38 получим

$$A = \frac{12{,}8}{174{,}2 \cdot 10^3 - 24{,}65 \cdot 17^2} = 0{,}077 \cdot 10^{-3} \; м \approx 0{,}08 \; мм.$$

ПРИМЕР 2. РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТА ПОД ШТАМПОВОЧНЫЙ МОЛОТ

1. Задание на проектирование

1) Молот двойного действия для штамповки стальных изделий. Эскиз габаритов молота приведен на рис. 5.

2) Фактический вес падающих частей $G_0 = 3$ *т*.

3) Рабочая высота падения $h_0 = 1{,}3$ *м*.
4) Давление пара на поршень $p = 70$ *т/м*^{2}.
5) Площадь поршня $f = 0{,}16$ *м*^{2}.
6) Вес шабота и станины $G_1 = 92{,}5$ *т*.
7) Размеры подошвы шабота $F_1 = 3 \times 1{,}9$ *м*^{2}.
8) Отметки подошвы шабота относительно пола цеха — 1 *м*.
9) Размеры подшаботной прокладки $3{,}25 \times 2{,}16 \times 0{,}6$ *м*.
10) Бурение, произведенное на площадке строительства кузнечного цеха в местах расположения фундамента под молот, показывает, что основанием фундамента может служить глина, залегающая от от-

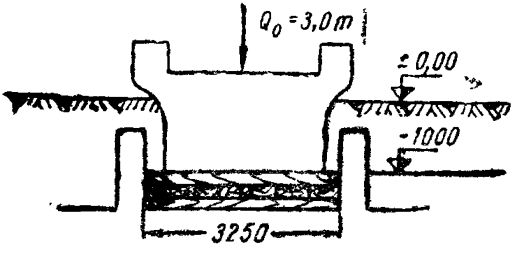

Рис. 5. Эскиз габаритов штамповочного молота (разрез)

метки — 2,0 *м*. Расчетное сопротивление основания при статической нагрузке, по данным исследований грунтов, $R = 2{,}5$ *кг/см*^{2} $= 25$ *т/м*^{2}.

Специальные исследования по определению коэффициента упругости грунта устанавливают величину $G_z = 5$ *кг/см*^{3}.

2. Определение ориентировочных величин веса и площади подошвы фундамента

Для устройства фундамента применяем бетон марки 100 (см. п. 74).

Предварительный вес и площадь подошвы фундамента определяем по формулам (21) и (22) (см п. 79).

Согласно указаниям этого пункта, коэффициент восстановления скорости при ударе при штамповке стальных изделий принимаем $\varepsilon = 0{,}5$.

Скорость ударяющих частей в начале удара определяем по формуле (23) (см. п. 79):

$$v = 0{,}65 \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{70 \cdot 0{,}16 + 3}{3} 1{,}3} = 7{,}1 \text{ м/сек}.$$

Вес фундамента и засыпки над его обрезами вычисляем по формуле (22):

$$G_\Phi = 8 \cdot 7{,}1\,(1 + 0{,}5)\,3 - 92{,}5 = 163 \text{ т}.$$

Величину площади подошвы фундамента определяем по формуле (21):

$$F = \frac{20(1 + 0{,}5)7{,}1}{25} 3 = 25{,}6 \text{ м}^2.$$

3. Проверка толщины подшаботной прокладки

В соответствии с заданием на проектирование принимаем толщину подшаботной прокладки $b = 0{,}6$. Материал прокладки — дуб.

Динамическое давление на подшаботную прокладку определяем по формуле (25):

$$\sigma = 0{,}5 \cdot 3 \cdot 7{,}1 \sqrt{\frac{50\,000}{92{,}5\ 5{,}7 \cdot 0{,}6}} = 131\ т/м^2;$$

здесь модуль упругости дубовой прокладки $E = 50\,000\ т/м^2$.

При принятой высоте прокладки динамическое давление не превышает расчетного сопротивления дуба $R_{c90} = 400\ т/м^2$ (см. п. 81):

Принимаем прокладку из трех щитов, каждый толщиной 0,2 *м*.

4. Определение основных размеров фундамента

При толщине подшаботной прокладки $b = 0{,}6\ м$ верхняя отметка *подшаботной* части фундамента будет — 1,6 *м* (рис 6).

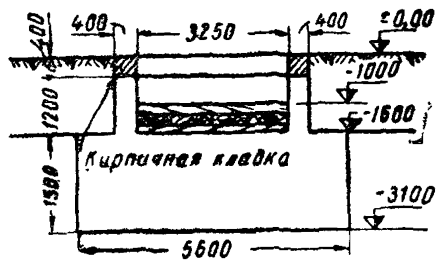

Рис. 6. Схема конструкции фундамента под штамповочный молот

В соответствии с табл. 6 (см. п. 75) при $G_0 = 3\ т$ минимальную толщину подшаботной части фундамента принимаем 1,5 *м*.

Размеры подошвы фундамента определяем *таким образом, чтобы* расстояния от граней подошвы шабота до граней подшаботной части фундамента в продольном и поперечном направлениях были равны. При данной площади фундамента $F = 25{,}6\ м^2$ принимаем размеры $5{,}6 \times 4{,}6\ м$, при которых $F = 25{,}76\ м^2$. Толщина реборд 0,4 *м* (рис. 6). При принятых размерах вес конструкции фундамента

$$[25{,}76 \cdot 1{,}5 + (3{,}65 + 2{,}56)\ 2 \cdot 0{,}4 \cdot 1{,}6]\ 2{,}4 = 111{,}8\ т;$$

вес грунта, лежащего на обрезах фундамента:

$$(25{,}76 - 4{,}05 \cdot 2{,}96)\ 1{,}6 \cdot 1{,}7 = 37{,}5\ т.$$

Вес фундамента с лежащим на нем грунтом

$$G_\varphi = 111{,}8 + 37{,}5 = 149{,}3\ т.$$

Размеры фундамента проверяем в соответствии с требованиями п. 78.

Амплитуду вертикальных колебаний фундамента определяем по формуле (24):

$$A_z = 0{,}2\,\frac{(1+\varepsilon)G_0 v}{\sqrt{K_z G}} = 0{,}2\,\frac{(1+0{,}5)3\cdot 7{,}1}{\sqrt{129\,000\cdot 242}} =$$

$$= 0{,}00114\ м \approx 1{,}1 < 1{,}2\ мм \text{ (см. п. 78)},$$

Согласно формуле (4)

$$K_z = C_z F = 5\,000\cdot 25{,}8 = 129\,000\ т/м;$$

$$G = G_\varphi + G_1 = 149{,}3 + 92{,}5 = 241{,}8 \approx 242\ т.$$

Статическое давление на основание фундамента

$$R_{ст} = \frac{242}{25{,}76} = 9{,}4\ т/м^2 \approx 0{,}9\ кг/см^2,$$

т. е. меньше 0,4 расчетного сопротивления R=2,5 $кг/см^2$, что соответствует требованиям п. 78.

Таким образом, предварительно принятые вес и площадь подошвы фундамента удовлетворяют динамическому расчету.

ПРИМЕР 3. РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТА ПОД ГИРАЦИОННУЮ ДРОБИЛКУ

1. Задание на проектирование

1) Дробящая головка с пологим конусом диаметром $d_н = 2\,100$ *мм*.

2) Дробилка устанавливается на одном фундаменте с электромотором. Габаритные чертежи верхнего строения фундамента показаны на рис. 7.

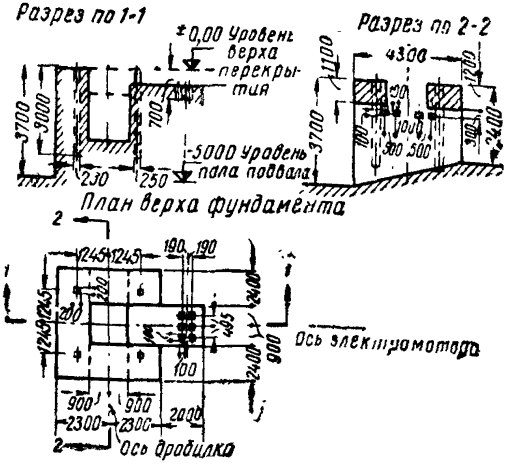

Рис. 7. Габаритные чертежи фундамента под гирационную дробилку

3) Вес дробилки с мотором 63+2=65 *т*.

4) Расстояние от верхней грани фундамента до линии действия равнодействующей неуравновешенных сил инерции 2 *м*.

5) Расстояние от верхней грани фундамента до центра тяжести дробилки (ориентировочно) 2 *м*.

6) Рабочее число оборотов вала эксцентрика в 1 мин 225.

7) Максимальное значение неуравновешенных сил инерции дробилки в плоскости вращения эксцентрика $P_y = P_x = 8{,}5$ *т*.

8) Неуравновешенные силы инерции в вертикальном направлении незначительны.

9) Основанием фундамента является грунт с расчетным сопротивлением $R = 3$ *кг/см*^{2}.

2. Выбор основных габаритов и материала фундамента

Габариты верхней части фундамента 4,6×4,8×3,7 *м* приняты по данным заводам, указанным на установочном чертеже дробилки.

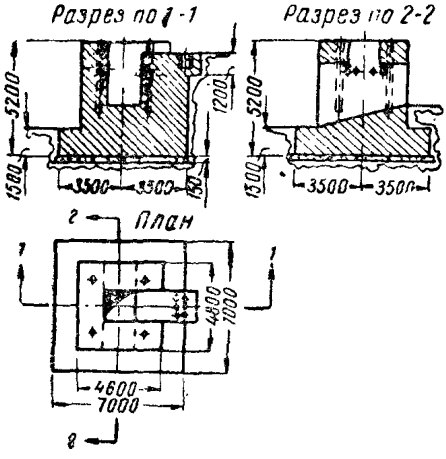

Рис. 8. Конструкция и размеры фундамента под гирационную дробилку

По конструктивным соображениям принимаем толщину фундаментной плиты равной 1,5 *м*. Намеченные в результате пробных подсчетов размеры фундамента показаны на рис. 8. Материал фундамента — бетон марки 100 (см. п. 110).

3. Центрирование подошвы фундамента и определение давления на грунт

Координаты центра тяжести установки

$$x_0 = 3{,}6\ м;\quad y_0 = 3{,}5\ м;\quad z_0 = 3\ м.$$

Здесь предварительные вычисления опущены, так как они производятся аналогично тому, как это сделано в примере 1.

Смещение центра тяжести массы установки относительно центра подошвы фундамента

$$e_x = 3{,}6 - 3{,}5 = 0{,}1 \text{ м};$$

в направлении оси x

$$e_y = 0,$$

в направлении оси y.

Величина эксцентрицитета по отношению к размеру стороны подошвы фундамента составляет

$$\frac{e_x}{a_x} = \frac{0{,}1}{7} 100 = 1{,}5 < 5\% \qquad \text{(см. п. 17)}.$$

В дальнейшем эксцентрицитетом e_y пренебрегаем и считаем центр тяжести массы установки и центр тяжести подошвы фундамента расположенными на одной вертикали.

Вес фундамента $G_\Phi = 320$ т.

Вес установки $G = 320 + 65 = 385$ т.

Площадь подошвы фундамента $F = 7 \cdot 7 = 49$ м^2.

Давление на грунт от статической нагрузки распределяется равномерно по подошве фундамента и равно

$$p = \frac{G}{F} = \frac{385}{49} = 7{,}85 \text{ т/м}^2 \approx 0{,}8 \text{ кг/см}^2,$$

что меньше расчетного сопротивления основания фундамента под дробилку, определенного по формуле (1) (см п. 18), где коэффициент $\alpha = 1$ (см. п. 127):

$$R_\Phi = \alpha R = 1 \cdot 3 = 3 \text{ кг/см}^2.$$

4. Расчет амплитуд вынужденных колебаний фундамента

Равнодействующая неуравновешенных сил инерции вращается в горизонтальной плоскости и сохраняет постоянную величину независимо от направления

Так как конструкция фундамента дробилки такова, что величина момента инерции массы установки, определенная относительно оси x_0 незначительно отличается от величины того же момента инерции, определенного относительно оси y_0, производим расчет амплитуд только при колебаниях установки в одной плоскости xz или yz.

а) Определение данных для расчета фундамента

Угловая частота вращения вала эксцентрика

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 0{,}105 \cdot 225 = 23 \text{ сек.}^{-1}.$$

Расстояние от плоскости действия силы инерции до центра тяжести массы установки равно 5,2—3+2=4,2 м.

Возмущающий момент дробилки

$$M_y = 8{,}5 \cdot 4{,}2 = 35{,}7 \text{ тм}.$$

Коэффициенты упругого равномерного сжатия, сдвига и поворота при неравномерном сжатии основания, согласно табл. 1 (см. п. 19 и 20), принимаются равными

$$C_z = 5\,000 \text{ т/м}^3, \quad C_x = 3\,500 \text{ т/м}^3, \quad C_\varphi = 10\,000 \text{ т/м}^3.$$

Момент инерции подошвы фундамента относительно оси, проходящей через центр тяжести ее перпендикулярно плоскости колебаний:

$$J = \frac{7^4}{12} = 200\ м^4.$$

Масса всей установки $m = 39{,}2\ т\,сек^2/м$.

Момент инерции массы всей установки относительно оси, проходящей через общий центр тяжести перпендикулярно плоскости колебаний, $\Theta = 186\ тм\,сек^2$. (Вычисление момента инерции производится так же, как в примере 1).

Коэффициенты жесткости согласно п. 21

$$K_x = C_x F = 3\,500 \cdot 49 = 171{,}5 \cdot 10^3\ тм;$$

$$K_\varphi = C_\varphi J = 10\,000 \cdot 200 = 2\,000 \cdot 10^3\ тм.$$

б) Определение амплитуды колебаний фундамента (по формулам п. 36)

$$\Delta = 39{,}2 \cdot 186 \cdot 23^4 - (2\,000 \cdot 10^3 \cdot 39{,}2 + 171{,}5 \cdot 10^3 \cdot 3^2 \cdot 39{,}2 +$$
$$+ 171{,}5 \cdot 10^3 \cdot 186)\, 23^2 + 2\,000 \cdot 10^3 \cdot 171{,}5 \cdot 10^3 = 255 \cdot 10^9.$$

Амплитуда горизонтальных колебаний центра тяжести установки определяется по формуле (12) (см. п. 36).

$$A_x = \frac{(2\,000 \cdot 10^3 + 171{,}5 \cdot 10^3 \cdot 3^2 - 186{,}23^2)8{,}5 +}{255 \cdot 10^9} +$$
$$+ \frac{+171{,}5 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 35{,}7}{255 \cdot 10^9} = 0{,}19 \cdot 10^{-3}\ м = 0{,}19\ мм.$$

Амплитуда вращательных колебаний фундамента около горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести фундамента перпендикулярно плоскости колебаний, определяется по формуле (13) (см. п. 36):

$$A_\varphi = \frac{171{,}5 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 8{,}5 + (171{,}5 \cdot 10^3 - 39{,}2 \cdot 23^2)35{,}7}{255 \cdot 10^9} =$$

$$= 0{,}038 \cdot 10^{-3}\ \text{радиан}.$$

Расчетную величину амплитуды колебаний определяем по формуле (11) (см. п. 36):

$$A = 0{,}19 \cdot 10^{-3} + 2{,}2 \cdot 0{,}038 \cdot 10^{-3} =$$

$$= 0{,}274 \cdot 10^{-3}\ м = 0{,}27 < 0{,}3\ мм\ (\text{см. п. 123}).$$

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
I. Общие указания	3
1. Состав задания на проектирование	4
2. Материалы фундаментов	5
3. Указания по проектированию	—
4. Общие указания по расчету фундаментов	8
II. Фундаменты под машины с кривошипно-шатунными механизмами (дизели, поршневые компрессоры, моторкомпрессоры, лесопильные рамы и локомобили)	11
1. Задание на проектирование	—
2. Материалы фундаментов	12
3. Указания по проектированию	—
4. Расчет фундаментов	15
III. Фундаменты под турбоагрегаты и электрические машины	18
1. Задание на проектирование	—
2. Материалы фундаментов	19
3. Указания по проектированию	—
4. Расчет фундаментов	23
IV. Фундаменты под кузнечные молоты	25
1. Задание на проектирование	—
2. Материалы фундаментов	—
3. Указания по проектированию	26
4. Расчет фундаментов	27
V. Фундаменты под прокатное оборудование	29
1. Задание на проектирование	—
2. Материалы фундаментов	30
3. Указания по проектированию	—
4. Расчет фундаментов	34
VI. Фундаменты (основания) копровых бойных площадок	35
1. Задание на проектирование	—
2. Указания по проектированию	—
VII. Фундаменты под дробильное оборудование и мельничные установки	37
1. Задание на проектирование	—
2. Материалы фундаментов	38
3. Указания по проектированию фундаментов под дробилки	—

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
11	14-я сверху,	c'	C'
53	14-я и 21 снизу	$c\varphi$	c_{φ}
55	4-я снизу	$\mu^3 M_б$	$\mu\, 3M_б$
56	21-я сверху	противоположное	взаимно противоположное
66	3-я сверху	$b = 0,6$	$b = 0,6$ *м*
70	10-я сверху	*тм*	*т/м*

Зак. 1186

gost.e-ecolog.ru