

**К РЕШЕНИЮ ВОПРОСА О ВОЗМОЖНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ФУНДАМЕНТОВ
КУЗНЕЧНЫХ МОЛОТОВ СТАРЫХ МОДИФИКАЦИЙ ДЛЯ
УСТАНОВКИ НА НИХ МОЛОТОВ СОВРЕМЕННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

Матус Ю. В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Рассмотрены вопросы анализа работы существующих фундаментов кузнечных молотов на динамические нагрузки от вновь устанавливаемых машин. Основное внимание уделено определению коэффициента упругого равномерного сжатия естественного основания фундаментов молотов.

На современном этапе при переоснащении кузнечно-прессовых цехов машиностроительных предприятий новым оборудованием часто возникает необходимость замены молотов старых модификаций на более эффективные молоты современных конструкций. При этом, как правило, характеристики «старого» и «нового» оборудования по ряду параметров не совпадают. Решение технической части вопроса об использовании существующих фундаментов молотов под установку молотов современных конструкций должно основываться на результатах инженерной экспертизы, включающей в себя, помимо прочего, и анализ работы существующих фундаментов на динамические нагрузки от вновь устанавливаемых машин.

Кузнечные молоты являются машинами ударного действия и служат для обработки металла ударами путем свободнойковки или горячей штамповки. Удары наносятся движущейся массой машины. Принято считать, что время действия ударной силы на фундамент равно нулю и что в результате нанесения удара возникают только свободные колебания фундамента. В связи с чем, динамический расчет фундамента на действие ударной нагрузки заключается в определении максимального значения амплитуды его свободных колебаний. Для выполнения такого расчета необходимо располагать данными о величинах

массы, наносящей удар, и массы всей установки «фундамент + машина», скорости движущейся массы в момент соударения с фундаментом, и характеристиках грунтового основания (коэффициенте упругого равномерного сжатия основания и коэффициенте относительного демпфирования для неустановившихся (импульсных) колебаний). Для повышения точности динамического расчета, характеристики грунтового основания, следует определять по результатам испытаний. С этой целью, если это только возможно, необходимо проводить натурные экспериментальные исследования колебаний фундаментов молотов, подлежащих замене до их демонтажа. При отсутствии возможности проведения инструментальных замеров коэффициент упругого равномерного сжатия C_z определяют, используя различные расчетные методики, изложенные, например, в [1] и [2]. Расчетные значения упомянутой характеристики, найденные по разным методикам, могут существенно отличаться друг от друга. Это может серьезно осложнить последующий динамический расчет и интерпретацию его результатов, и, в конечном счете, сам анализ работы существующего фундамента на динамические нагрузки от вновь устанавливаемой машины. С целью повышения сходимости результатов расчета с действительными значениями параметров работы фундамента на динамическую нагрузку, при проводимом анализе необходимо обязательно учитывать особенности эксплуатации установки «фундамент + «старый» молот» в части надежности обеспечения технологического процессаковки или штамповки. Если эксплуатация «старого» молота не вызывала нареканий со стороны технологов, то это дает возможность предполагать, исходя из результатов экспериментальных исследований проф. Д.Д. Баркана [3], что максимальная амплитуда вертикальных колебаний фундамента и шабота не превышала соответственно 1-1,2 и 2-4 мм. В этом случае значение искомого коэффициента, достаточно близкое к действительному, можно установить на базе расчетных положений СНиП при условии, что амплитуда колебаний фундамента молота равна предельно допустимой $A_{дон}$. Найденное значение коэффициента и будет служить критерием при решении вопроса об окончательном выборе той или иной расчетной методики определения коэффициента упругого равномерного сжатия грунтового основания фундамента молота.

Рассмотрим на конкретном примере проведение анализа работы существующего фундамента на динамические нагрузки при замене молота старой модификации на молот современной конструкции.

В 1984 г. возникла необходимость замены старого ковочного молота на молот новой модели в кузнечно-прессовом цеху ПО им. Январ-

ского восстания в г. Одессе. Для определения геометрических размеров фундамента была проведена откопка его до уровня подошвы и выполнены обмерные работы, результаты которых представлены на рис. 1. Установлено, что фундамент молота массивный, из монолитного бетона, на естественном основании. Подшаботная прокладка толщиной 0,75 м выполнена из дубовых брусьев. Основные анкерные болты съемные и расположены в вертикальных колодцах. Общий срок эксплуатации фундамента – 45-50 лет. Данные о молоте, установленном на фундаменте первоначально, отсутствуют. В 1947 – 1949 г.г. в верхней части фундамента была выполнена монолитная железобетонная обвязка шириной 0,6 и высотой 0,4-0,9 м. и установлен 3-х тонный ковочный, паровоздушный, мостового типа молот Старо-Краматорского завода им. С. Орджоникидзе. Устройство обвязки было вызвано необходимостью размещения дополнительных анкерных болтов за пределами первоначального габарита верха фундаментного блока. Упомянутый молот нормально эксплуатировался в течение 35 лет. В 1984 г. было решено заменить старей молот на новый – специальный ковочный паровоздушный молот двойного действия мостового типа с энергией удара 80 кДж модели К05.580.01. Данные по молотам приведены ниже в таб. 1.

Таблица 1.

Данные по молотам

Параметр	3-х тн. Молот Старо-Краматорского завода	Молот модели К05.580.01
Масса падающих частей, кг	3000	3300
Энергия удара, кДж	132	min 80 max 100
Число ударов в мин.	68	70
Скорость v падающих частей молота в начале удара, м/с	9,3	7,7/6,9
Масса шабота, кг	46415	47250
Масса молота с шаботом, кг	80143	83100

Из сравнения параметров молотов следует, что масса падающих частей молота К05.580.01 выше, чем у «старого» на 10%, а скорость

падающих частей и энергия удара меньше соответственно на 17-26 и 24-39%.

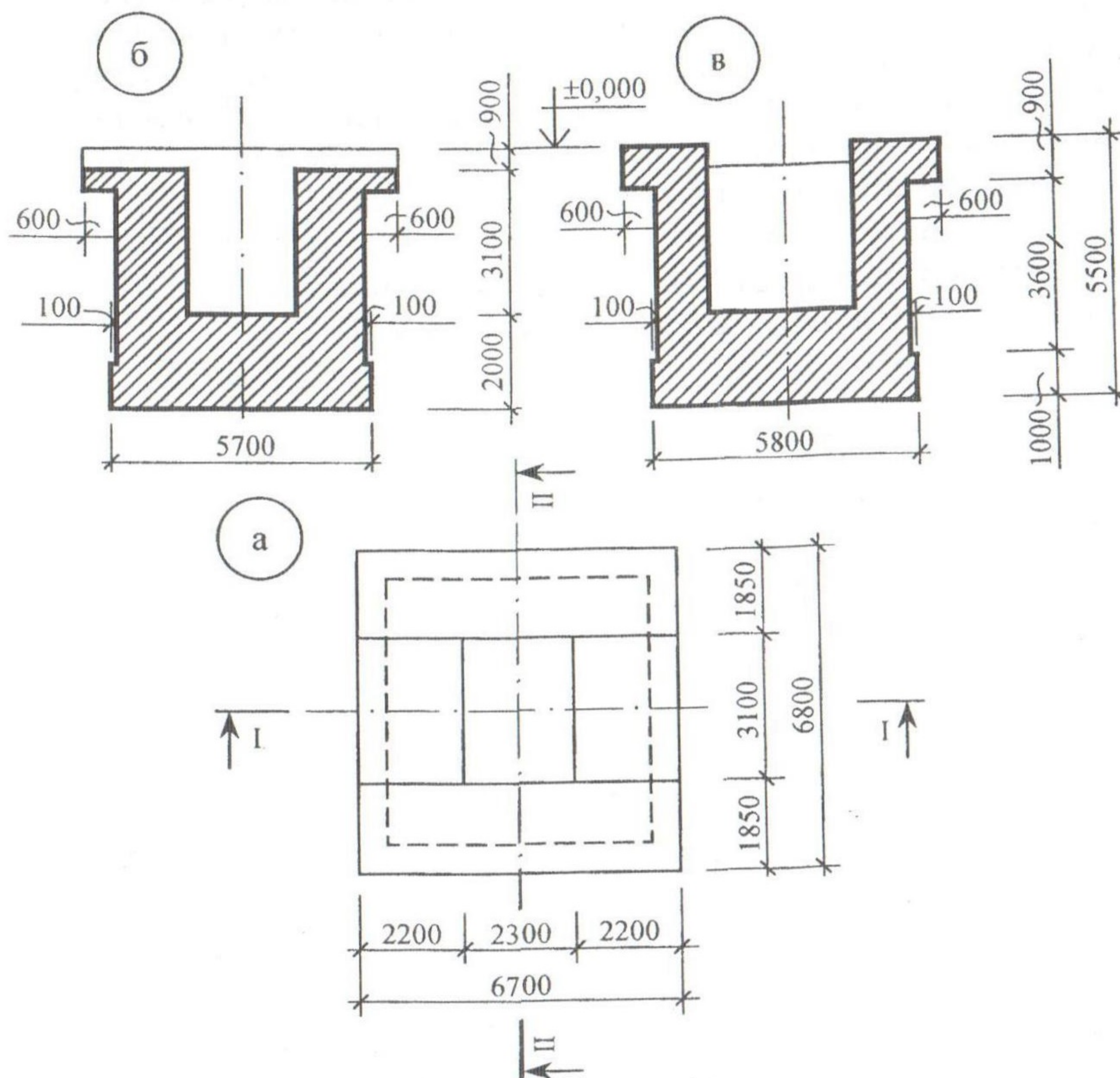


Рис. 1. Фундамент молота
 а – план на отм. ±0,000; б – разрез I-I; в – разрез II-II.

При обследовании фундамента ограничились визуальным осмотром. Тело фундамента находилось в хорошем состоянии. Трещины и другие нарушения сплошности его обнаружены не были.

Площадь подошвы фундамента составила 33,1 м². Вес монолитного железобетона, подшаботной прокладки и засыпки соответственно равен 370,9, 4,3 и 13,0 тс. Суммарный вес всего фундамента 388,2 тс. Вес фундамента со «старым» и «новым» молотами соответственно соста-

вил 468,3 и 470,3 тс, а среднее давление под подошвой соответственно – 14,1 и 14,2 тс/м². Вес «нового» молота принят равным 82,265 тс (при условии сохранения в составе «новой» установки «старого» шабота).

В соответствии с результатами инженерно-геологических изысканий, выполненных филиалом Гипростройдормаша (г. Тольятти) в 1983 г., геолого-литологическое строение площадки представлено следующим напластованием (сверху вниз ниже подошвы фундамента):

1. лесс первого горизонта (3,5 м) $\rho = 1,90 \text{ г/см}^3$, $e = 0,751$, $c = 0,10 \text{ кгс/см}^2$, $\varphi = 16^\circ$, $E = 50 \text{ кгс/см}^2$;

2. суглинок лессовидный текучепластичный (4,8 м) с $\rho = 2,03 \text{ г/см}^3$, $e = 0,620$, $c = 0,31 \text{ кгс/см}^2$, $\varphi = 25^\circ$, $E = 250 \text{ кгс/см}^2$;

3. лесс второго горизонта (0,7 м) с $\rho = 1,86 \text{ г/см}^3$, $e = 0,770$, $c = 0,10 \text{ кгс/см}^2$, $\varphi = 21^\circ$, $E = 50 \text{ кгс/см}^2$;

4. глина (мощность бурением не пройдена) с $\rho = 2,02 \text{ г/см}^3$, $e = 0,606$, $c = 0,6 \text{ кгс/см}^2$, $\varphi = 18^\circ$, $E = 320 \text{ кгс/см}^2$.

Уровень подземных вод расположен выше подошвы фундамента на 0,75 м.

Совместная работа с грунтовым основанием фундамента молота полностью обуславливается его взаимодействием со слоем лесса первого горизонта.

Коэффициент упругого равномерного сжатия определяли:

по формуле СНиП II-19-79, которая позже полностью без изменений вошла в главу СНиП 2.02.05-80,

$$C_z = b_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{F_0}{F}} \right), \quad (1)$$

где b_0 – коэффициент, м, принимаемый равным для супесей и суглинков 1,2;

E – модуль деформации грунта под подошвой фундамента, тс/м²;

F – площадь подошвы фундамента, м².

$F_0 = 10 \text{ м}^2$;

и по формуле О.А. Савинова, базирующейся на решении задачи о равновесии жесткого штампа, опирающегося на упругое основание М.М. Филоненко-Бородича,

$$C_z = C_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta \cdot F} \right] \sqrt{\frac{p_{cp}}{p_0}}, \quad (2)$$

где C_0 – параметр, равный по данным О.А. Савинова для суглинка

текучепластичного $0,6 \text{ кгс/см}^3$;

a и b – соответственно длина и ширина подошвы фундамента;

Δ – коэффициент, равный 1 м^{-1} ;

$p_0 = 0,20 \text{ кгс/см}^2$.

На основе положений главы СНиП II-19-79 [1], располагая значением амплитуды вертикальных колебаний, можно с достаточной для практики точностью определить основную упругую характеристику естественного основания фундамента молота – коэффициент упругого равномерного сжатия.

Принято амплитуду вертикальных колебаний фундамента при центральной установке кузнечного молота A_z , м, определять по формуле

$$A_z = \frac{(1 + \varepsilon) v Q_0}{(1 + 1,67 \xi_z) \lambda_z Q}, \quad (3)$$

где ε – коэффициент восстановления скорости удара; для ковочных молотов $= 0,25$;

v – скорость падающих частей в начале удара, м/с;

Q_0 – вес падающих частей машины, тс;

ξ_z – относительное демпфирование (доля критического затухания неустановившихся (импульсных) вертикальных колебаний);

λ_z – круговая частота собственных вертикальных колебаний фундамента, с^{-1} ;

Q – вес всей установки (фундамента с засыпкой грунта на его обрезах и выступах и машины), тс;

Относительное демпфирование ξ_z допускается определять по формуле

$$\xi_z = 2 \sqrt{\frac{E}{C_z \cdot P_{cp}}}. \quad (4)$$

Круговая частота собственных вертикальных колебаний фундамента λ_z , находится из выражения

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{C_z \cdot F \cdot g}{Q}}. \quad (5)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести.

После подстановки выражений (4) и (5) в формулу (3) и проведения элементарных преобразований получим формулу для определения коэффициента упругого равномерного сжатия

$$C_z = \frac{\left[(1 + \varepsilon) \nu Q_0 - 3,34 A_z \cdot \sqrt{\frac{E \cdot F \cdot g \cdot Q}{P_{cp}}} \right]^2}{F \cdot g \cdot Q \cdot A_z^2}, \quad (6)$$

где A_z – принятое на основе инструментальных замеров или анализа значение амплитуды вертикальных колебаний фундамента.

Если при установке нового молота сохранены «старый» шабот и дубовая подшаботная прокладка, то найденное по формуле (6) значение коэффициента упругого равномерного сжатия будет учитывать влияние на динамическую работу системы «фундамент – основание» влажности и срока службы подшаботной прокладки, засыпки фундамента, влияние состояния как самой прокладки, так и ее контактов с шаботом и фундаментом, а также другие факторы.

С использованием формул (1) и (2) были получены расчетные значения коэффициента упругого равномерного сжатия, соответственно равные 930 и 2700 тс/м³. Коэффициент упругого равномерного сжатия, определенный по выражению [6], при условии, что амплитуда вертикальных колебаний фундамента от динамической нагрузки старого молота равна предельно допустимой, т.е. 1,2 мм, составил 3000 тс/м³. Как видно, с последним значением имеет достаточно хорошую сходимость коэффициент, найденный с использованием методики О.А. Савинова. Значение коэффициента, определенного по формуле СНиПа, примерно в три раза меньше остальных расчетных его значений. Известно, что еще в 1948 г. проф. Д.Д. Баркан [3] предложил принимать значение коэффициента упругого равномерного сжатия естественного основания фундаментов молотов в 3-3,5 раза большим, чем при расчете колебаний фундаментов машин с периодическими нагрузками, не испытывающих собственных вертикальных колебаний. Повышение связано с влиянием на величину упругого коэффициента инерционных свойств грунта, которое весьма существенно именно для свободных колебаний фундаментов. Предложение проф. Д.Д. Баркана, обоснованное данными натурных исследований, в действующих нормативных документах не получило своего отражения. В рассматриваемом случае, увеличив в три раза коэффициент, найденный по формуле (1), получаем его значение практически такое же, как и при расчете по формуле (2).

Проведенный анализ показал, что при расчете на колебания существующего фундамента на нагрузки от молота модели К05.580.01, коэффициент упругого равномерного сжатия естественного основания

фундамента можно принять, равным 3000 тс/м^3 . Результаты динамического расчета, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что прогнозируемая амплитуда вертикальных колебаний фундамента после установки на нем нового молота будет меньше предельно допустимой и, что следует ожидать снижение амплитуды колебаний на 8-19% по сравнению с работой фундамента «старого» молота, т.е. ранее фундамент нормально эксплуатировался в течение 35 лет в более жестком динамическом режиме.

Таблица 2.

Результаты динамического расчета

Параметр	3-х тн. Молот Старо-Краматорского завода			Молот модели K05.580.01
	930	2700	3000	
$C_z, \text{ тс/м}^3$	930	2700	3000	3000
ξ_z	0,39	0,23	0,22	0,22
$\lambda_z, \text{ с}$	25	43,3	45,6	45,5
$A_z, \text{ мм}$	1,80	1,24	1,20	1,10/0,97

По результатам выполненной работы было принято решение о целесообразности использования существующего фундамента для установки на нем молота модели K05.580.01, который и был в начале 1984 г. установлен на фундаменте и нормально эксплуатировался.

Литература

1. СНиП II-19-79. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. – М.: Стройиздат, 1980. – 41 с.
2. Справочник проектировщика. Сложные основания и фундаменты. – М.: Стройиздат, 1969. – 271 с.
3. Баркан Д.Д. Исследование некоторых вопросов динамики кузнечных молотов. – В сб. «Вибрации сооружений и фундаментов» №12. – М.: Стройвоенмориздат, 1948. – С. 130 – 188.