

К вопросу обследования монолитного железобетонного фундамента машин с динамическими нагрузками при увеличении уровня вибрации оборудования

А.А. Чебровский, А.А. Иодчик

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

Аннотация: В работе приведены результаты обследования железобетонного монолитного фундамента шаровой мельницы с центральной разгрузкой. Описаны последствия, возникающие при допущении ошибок во время возведения фундамента машин с динамическими нагрузками, а также методика мониторинга фундамента. Обследование выполнялось в связи с увеличением уровня вибрации оборудования, установленного на фундамент и обнаружением дефектов фундамента в виде трещин и сколов бетона. При выполнении обследования технического состояния ставились следующие задачи: определить фактическое состояние несущей конструкции на момент обследования, установить физико-механические характеристики материалов конструкции, указать характеристики и размеры повреждений, достаточных для определения объемов ремонтно-восстановительных работ, разработать рекомендации для дальнейшей безопасной эксплуатации конструкции.

Ключевые слова: обследование, несущая способность, фундамент, динамическая нагрузка, бетон, арматура, усиление.

В соответствии с техническим заданием было проведено техническое обследование железобетонного монолитного фундамента шаровой мельницы с центральной разгрузкой в связи с увеличением уровня вибрации оборудования, установленного на фундамент, а также обнаружением дефектов фундамента в виде трещин и сколов бетона (рис. 1).

Оценка технического состояния конструкций проводилась по ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» с применением отечественных методик, изложенных в [1-3] и зарубежных [4, 5]. Заказчиком была предоставлена документация с проектным армированием фундамента, конструктивным решением и фактическим положением анкерных болтов к границам фундамента (рис. 2-4).



Рис. 1. Фото обследуемого фундамента

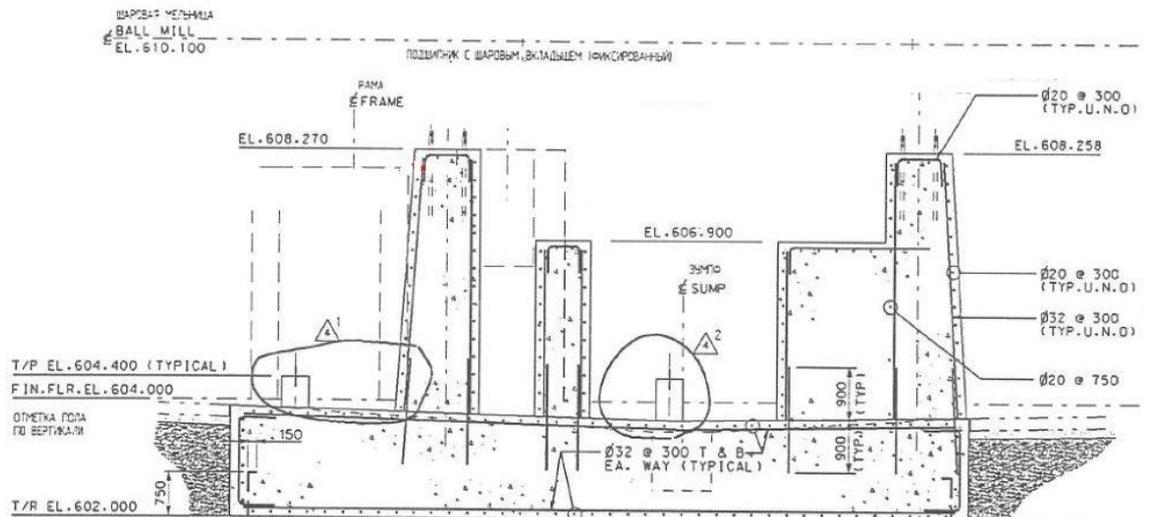


Рис. 2. Исходные данные по фундаменту

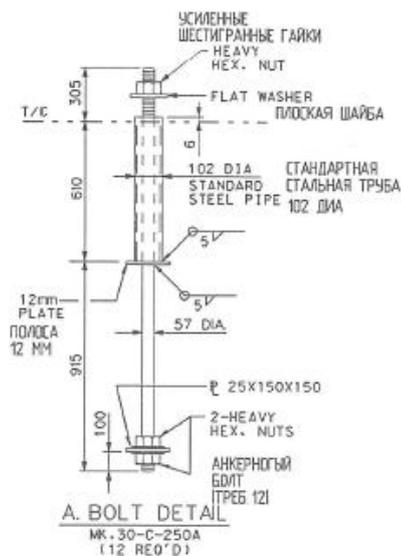


Рис 3. Конструктивное решение анкерного болта

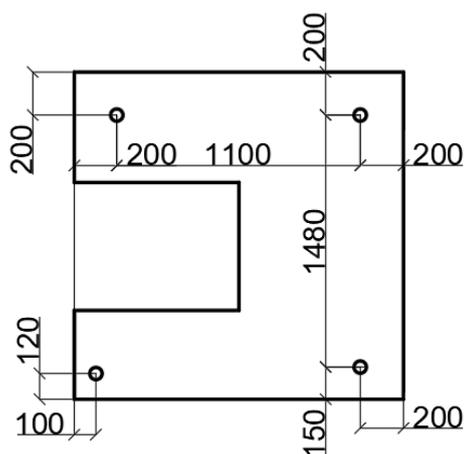


Рис 4. Фактическое положение анкерных болтов

В процессе обследования фундамента обнаружены дефекты (рис. 5), снижающие несущую способность конструкций [6, 7]:

- Вертикальная трещина в углу подливки фундамента и ниже подливки (ниже подливки длина 4см, толщина 0,2мм).
- Трещина вдоль границы подливки (глубина 10см, 0,4мм).
- Трещина в подливке (глубина 10см, 0,8мм).
- Наклонная сквозная трещина в фундаменте ниже подливки (10см, 0,5мм).



Рис. 5. Фото дефектов обследуемого фундамента

- Трещина в подливке (глубина 12см, 0,8мм).
- Трещина вдоль границы подливки (глубина 15см, 0,5мм).
- Трещина сквозная в подливке в углах углубления (0,2мм).
- Трещина поверхностная вдоль границы подливки (отслоение бетона подливки налитой по торцу опорной стальной плиты).
- Трещина между отверстиями под крепление опалубки (глубина 3 см толщина 0,2мм, есть и с противоположной стороны).
- Трещина (глубина 2 см, толщина 0,2мм).
- Трещина вдоль границы подливки (глубина 10см, 0,4мм).
- Трещина в углу фундамента (длина 50см, глубина 4см, 0,3мм).

- Горизонтальная трещина в фундаменте (длина 50см, глубина 4см, 0,3мм).
- Вертикальная трещина в фундаменте ниже подливки (длина – до уширения фундамента 60см, глубина 4см, 0,3мм).
- Сквозная наклонная трещина в фундаменте ниже подливки (длина 80см, глубина 9см, 1.1мм-0,3мм).

Заключение. На момент обследования в соответствии с СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» состояние фундамента шаровой мельницы классифицируется по категории III – ограниченно-работоспособное.

Основные причины образования дефектов:

- толщина подливки фундамента под опорную металлическую плиту составляет 25см и превышает нормативные требования «Пособия к СНиП 2.09.03-85 по проектированию анкерных болтов для крепления строительных конструкций и оборудования», согласно п.п. 6.18. - толщина слоя подливки под оборудованием допускается в пределах 50-80 мм.

- фактическое расстояние от оси болтов диаметром 57мм до грани фундамента составляет от 100 до 150мм и не соответствует нормативным требованиям «Пособия к СНиП 2.09.03-85, согласно таблицы 4 - Для съемных болтов диаметром 56-125мм минимальное расстояние от оси болтов до грани фундамента составляет 6 диаметров болта, то есть 342мм.

Для дальнейшей безопасной эксплуатации необходимо произвести следующие ремонтно-восстановительные мероприятия:

- Для наблюдения за развитием ширины раскрытия трещины установить маяк по типу ЗИ-2 + микроскоп Бринелля или посредством устройства анкеров по сторонам от трещины и замераи штангенциркулем с ценой деления 0,02мм.

- Выполнить работы по зачистке поверхности бетона. Расшить трещину механическим способом. Зачеканить ремонтной быстротвердеющей безусадочной смесью [8]. Согласовать с проектным институтом: стягивание трещины посредством установки сквозных стяжных болтов вдоль трещины с закреплением металлоконструкциями;

- Заменить бетонную подливку толщиной слоя 250мм на подливку из быстротвердеющего состава. Согласовать с проектным институтом устройство армированной бетонной подливки или наращивание бетонного сечения фундамента с устройством арматурного каркаса на высоту 150-200мм с целью уменьшения толщины подливки в пределах 50-80 мм (нарастить стальные трубы в конструкции съемных анкеров) или увеличить толщину опорной металлической плиты. В качестве замены бетонной подливки под металлическую плиту предлагается использовать подливочный состав на эпоксидной основе Рекам 504 или Sika Sikadur-42 (есть ограничения к толщине слоя);

- Демонтировать легко снимаемую часть подливки до трещины. Восстановить демонтированный слой бетонной подливки из быстротвердеющего состава.

- Для создания единого обжатия участка фундамента в качестве дополнительной рекомендации по усилению предлагается рассмотреть и согласовать с заказчиком возможность применения внешнего армирования железобетонных конструкций композиционными материалами [9], усиления железобетонных конструкций с применением полимербетонов [10], применения углеродных холстов FibArm Tape 530/300 и т.п.

- Рекомендуется согласовать с заказчиком проведение геодезического мониторинга за осадкой фундамента, раз в месяц (или в момент плановых остановок оборудования). Мониторинг вести по уже установленным ранее металлическим пластинам в теле фундамента для мониторинга вибраций.

Литература

1. Руководство по проектированию фундаментов машин с динамическими нагрузками / НИИОСП им. Н. М. Герсеванова. – М.: Стройиздат, 1982. – 207 с.
2. Прокопов А. Ю., Ткачева К. Э. Исследование напряженно-деформированного состояния фундамента вертикального резервуара с учетом динамики эксплуатационных нагрузок // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3200.
3. Жадановский Б. В., Пахомова Л. А. Организационно-технологические решения устранения трещин в железобетонных фундаментных плитах // Инженерный вестник Дона. – 2024. – №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/8994.
4. Molla M. K. A. Analysis of flexible rectangular raft foundations under dynamic loading // Computers & Structures. Volume 52, Issue 5, 1994, pp. 1079-1091.
5. Ujjawal K. N. Laboratory and numerical investigation of machine foundations reinforced with geogrids and geocells // Geotextiles and Geomembranes. Volume 46, Issue 6, 2018, pp. 882-896.
6. Гроздов В. Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия. – СПб., 2007. – 137с.
7. Добромыслов А. Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 72 с.
8. Технические рекомендации по устранению дефектов железобетонных изделий и конструкций / ГУП «НИИМосстрой». – М., 2007. – 14 с.
9. Шилин А. А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами. – М.: Стройиздат, 207. – 184 с.
10. Аззам А. И. Усиление железобетонных конструкций с применением полимербетонов: дис. канд. техн. наук: 05.23.01. – Москва, 2002. – 153 с.

References

1. Rukovodstvo po proektirovaniyu fundamentov mashin s dinamicheskimi nagruzkami [Guide to design of foundations for machines with dynamic loads]. M.: Strojizdat, 1982. 207 p.
2. Prokopov A. YU., Tkacheva K. E. Inzhenernyj vestnik Dona. 2015. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3200.
3. ZHadanovskij B. V., Pahomova L. A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/8994.
4. Molla, M.K.A. Computers & Structures. Volume 52, Issue 5, 1994, pp. 1079-1091.
5. Ujjawal K. N. Geotextiles and Geomembranes. Volume 46, Issue 6, 2018, pp. 882-896.
6. Grozdov V. T. Defekty stroitel'nyh konstrukcij i ih posledstviya [Defects of building structures and their consequences]. SPb., 2007. 137 p.
7. Dobromyslov A. N. Ocenka nadezhnosti zdaniy i sooruzhenij po vneshnim priznakam [Assessment of the reliability of buildings and structures by external features]. M.: Izdatel'stvo ASV, 2004. 72 p.
8. Tekhnicheskie rekomendacii po ustraneniyu defektov zhelezobetonnyh izdelij i konstrukcij [Technical recommendations for eliminating defects in reinforced concrete products and structures]. M., 2007. 14 p.
9. SHilin A. A. Vneshnee armirovanie zhelezobetonnyh konstrukcij kompozicionnymi materialami [External reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials]. M.: Strojizdat, 207. 184 p.
10. Azzam A. I. Usilenie zhelezobetonnyh konstrukcij s primeneniem polimerbetonov: dis. kand. tekhn. nauk: 05.23.01 [Strengthening of reinforced concrete structures using polymer concrete: dis. candidate of technical sciences]. M., 2002. 153 p.

Дата поступления: 26.05.2024 Дата публикации: 5.07.2024