

УДК 69.059.3

Григоровский П. Е., к.т.н., с.н.с., зам. директора ГП «НИИСП», г. Киев
Молодед А. С., к.т.н., доц., КНУСА, г. Киев
Уманец И. М., к.т.н., доц., КНУСА, г. Киев

**УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО
ФУНДАМЕНТА ТУРБОАГРЕГАТА
МИНСКОЙ ТЭЦ-3 МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ
ОБОЙМАМИ И ПОДВЕДЕНИЕМ
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАМ**

В статье рассмотрен практический опыт выполнения работ по усилению конструкций фундамента турбоагрегата Минской ТЭЦ-3. Указанные работы выполнялись в связи с установленной податливостью фундамента действию вибрационных колебаний от турбоагрегата, что спровоцировало рост виброскорости до 6,8 мм/с при нормативном значении не выше 4,5 мм/с. В соответствии с разработанной программой были выполнены следующие работы: изучение и анализ проектно-технической и исполнительной документации; визуально-инструментальное обследование надземных конструкций фундамента; разработка проектных решений на усиление конструкций фундамента; разработка проекта производства работ на усиление фундамента; выполнение вибродиагностики фундамента после усиления. На основании данных обследования был разработан конструктивный проект и проект производства работ на усиление железобетонного фундамента металлическими обоймами и подведенными дополнительными порталными рамами с использованием торкрет-штукатурки и композитных материалов. Особенностью разработанной технологии было то, что уголки каркаса устанавливали на расстоянии не менее 20 мм от углов усиливаемых стоек, а пространство между металлическим каркасом и железобетонной конструкцией заполняли

цементно-песчаной смесью торкретированием. В результате выполнения комплекса ремонтно-восстановительных работ максимальный зафиксированный уровень виброскорости составил 2,7 мм/с, что в 2,5 раза ниже виброскорости, которая была до проведенных работ (6,8 мм/с).

Ключевые слова: фундамент, турбоагрегат, усиление, монтаж, обойма, рама, виброскорость, торкретирование, композитные материалы.

Постановка проблемы. В 2014 году работники филиала Минской ТЭЦ-3 заметили повышенную вибрацию на фундаменте турбогенератора ПТ-60-130-13 станции №5. В результате выполненного вибрационного исследования максимальный зафиксированный уровень вибрации составил 6,8 мм/с при нормативном значении не выше 4,5 мм/с. Специалистами ОАО «Беленергоремналадка» было установлено, что сверхнормативные вибрационные колебания образуются за счет податливости конструкций фундамента, что связано с долговременной (58 лет) его эксплуатацией.

Цель работы. Выполнить комплекс работ, в том числе и по усилению фундамента под турбогенератором для восстановления его первоначальной несущей способности, что даст возможность снизить уровень виброскорости на нем с 6,8 мм/с до ниже допустимого нормативами в 4,5 мм/с.

Изложение основного материала. Фундамент турбогенератора ПТ-60-130-13 ст. №5 сооружен в 1956 году по проекту Ленинградского отделения института «Теплоэлектропроект» №26700-С, а в эксплуатацию введен – в 1958 году.

Фундамент запроектирован из монолитного железобетона марки М150, армированного жесткими каркасами из прокатной профильной и стержневой стали марки Ст3.

Конструктивно фундамент

представляет собой монолитную рамную систему, состоящую из 5 рам и 8 продольных балок, соединяющих рамы между собой, и общей фундаментной плиты. Размеры фундамента в плане 24,5х6 м (рис. 1). Высота фундамента составляет 10,8 м. Отметка верха площадки обслуживания +7,0 м, верха фундаментной плиты -3,8 м.

Каждая отдельная рама фундамента высотой 10,8 м представляет собой два вертикальных элемента (колонны либо пилоны), которые поделены на два, а в некоторых местах и три яруса перекрытиями толщиной 200 мм, и у верхней части объединяются балкой в общую конструкцию. Сечение вертикальных элементов изменяется от 1,0х0,6 м до 1,1х3,9 м.

В первую очередь была составлена программа выполнения работ, которая заключалась в следующем: изучение и анализ проектно-технической и исполнительной документации; визуальное-

инструментальное обследование надземных конструкций фундамента; разработка проектных решений на усиление конструкций фундамента; разработка проекта производства работ на усиление фундамента; выполнение вибродиагностики состояния фундамента после усиления.

В ходе визуально-инструментального обследования фундамента было установлено следующее:

- 1) замасливание поверхности на участках бетона рам 3, 4 и 5, глубиной до 50 мм более 17 % поверхности фундамента;
- 2) сквозная трещина шириной раскрытия до 1 мм в верхней части пилона рамы 2 прилегающей к плите; наличие трещин в продольной балке между рамами 2 и 3, часть трещин залита маслом;
- 3) разрушение защитного слоя бетона и коррозия арматуры присутствует более чем на 15 % площади поверхности;

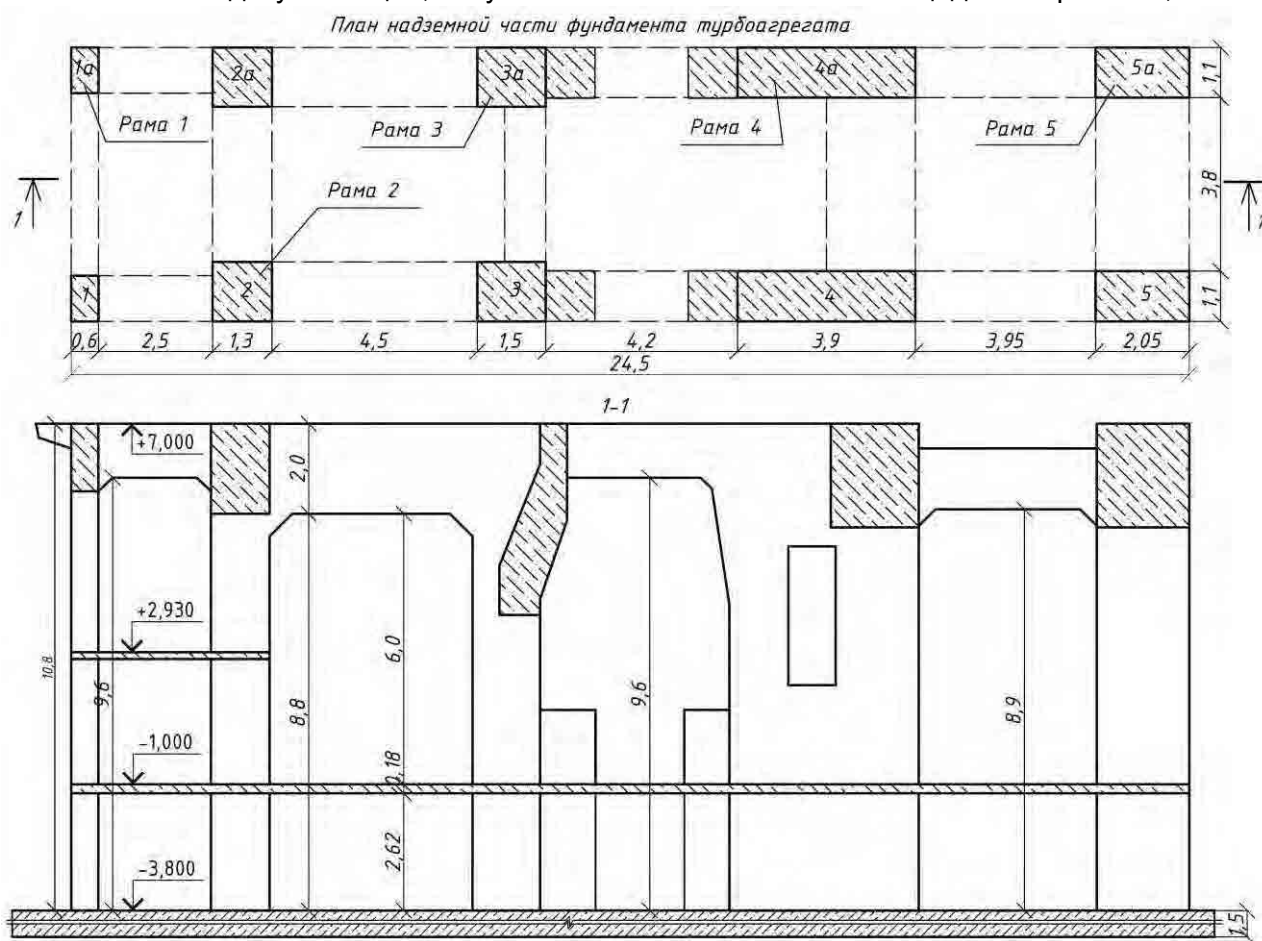


Рис. 1. План и разрез надземной части фундамента турбоагрегата

4) измерение фактической прочности бетона методами неразрушающего контроля показали, что прочность бетона неоднородна на всех элементах фундамента и колеблется в диапазоне от 119,7 до 335,7 кг/см² (склерометрическим методом) и от 107,5 до 292 кг/см² (ультразвуковым методом), при проектном значении 150 кг/см²;

5) наличие конструкций с неправильно устроенными рабочими швами при бетонировании, участки фундамента с плохо провибрированным бетоном, оголённая арматура без защитного слоя бетона;

6) замокание железобетонных конструкций на 28 % поверхности;

7) в результате проведенных работ по определению фактических геометрических размеров надземной части фундамента установлено, что отклонения фактических размеров некоторых элементов железобетонных конструкций от проектного положения составляют до 76 мм. Также установлено, что кривизна отдельных вертикальных элементов составляла 45 мм.

На основании полученных данных по результатам проведенного обследования сотрудниками ГП «НИИСП» разработан конструктивный проект и проект производства работ на усиление железобетонного фундамента Минской ТЭЦ-3 металлическими обоймами и подведенными дополнительными порталными рамами с использованием торкрет-штукатурки и композитных материалов (рис. 2).

В связи с тем, что высота стоек большая (до 6,2 м) и они не ровные в вертикальных плоскостях, к тому же имеют многочисленные дефекты, была разработана оригинальная технология выполнения работ по усилению стоек обоймами. Разработанная технология отличалась от классических тем, что плотное примыкание металлических стоек к граням усиливаемого фундамента не предвиделось, а зазор между плоскостями фундамента и внутренней стороной уголков был не менее 20 мм. Пространство между стойкой и обоймой заполнялось торкрет-штукатуркой, после чего всю поверхность оштукатуривали и заглаживали в уровень

с верхними гранями уголков обоймы.

Применение такой технологии дало возможность избежать предварительного выравнивания боковых граней стоек и ремонта дефектов бетона, что значительно снизило трудоемкость работ и продолжительность их выполнения.

Перед началом работ по усилению фундамента турбоагрегата проанализировано влияние стесненности фронта работ от конструкций и технологического оборудования на условия производства работ. В результате чего, по возможности, произведено демонтаж оборудования и инженерных сетей, которые препятствовали монтажным работам по усилению конструкций; установлено места подключения инструмента и оборудования к существующим сетям энергоснабжения; осуществлено комплекс дополнительных мероприятий по обеспечению безопасного выполнения работ в условиях действующего производства и защите технологического оборудования, инженерных сетей, материалов и готовой продукции от возможного повреждения или загрязнения в ходе строительных работ.

До начала производства работ рабочая зона была ограждена инвентарным переносным ограждением, с установленными на нем предупредительными знаками.

Подготовительный процесс состоял из следующих технологических операций: установка лесов, крепление талей и установка площадок сварщиков.

Усиление вертикальных элементов рам фундамента (стоек и колонн) металлическими обоймами на первом (высота 2,62 м) и на втором (высота 5,2 и 6,2 м) ярусе выполняли на всю высоту сразу. Установку и сваривание уголков выполняли попарно. Сначала устанавливали уголки в проектное положение по углам колонны так, чтобы зазор между плоскостями колонны и внутренней стороной уголков был не менее 20 мм. Предварительную фиксацию в установленном положении выполняли привариванием к каждой паре уголков металлических полос в четырех местах по всей высоте.

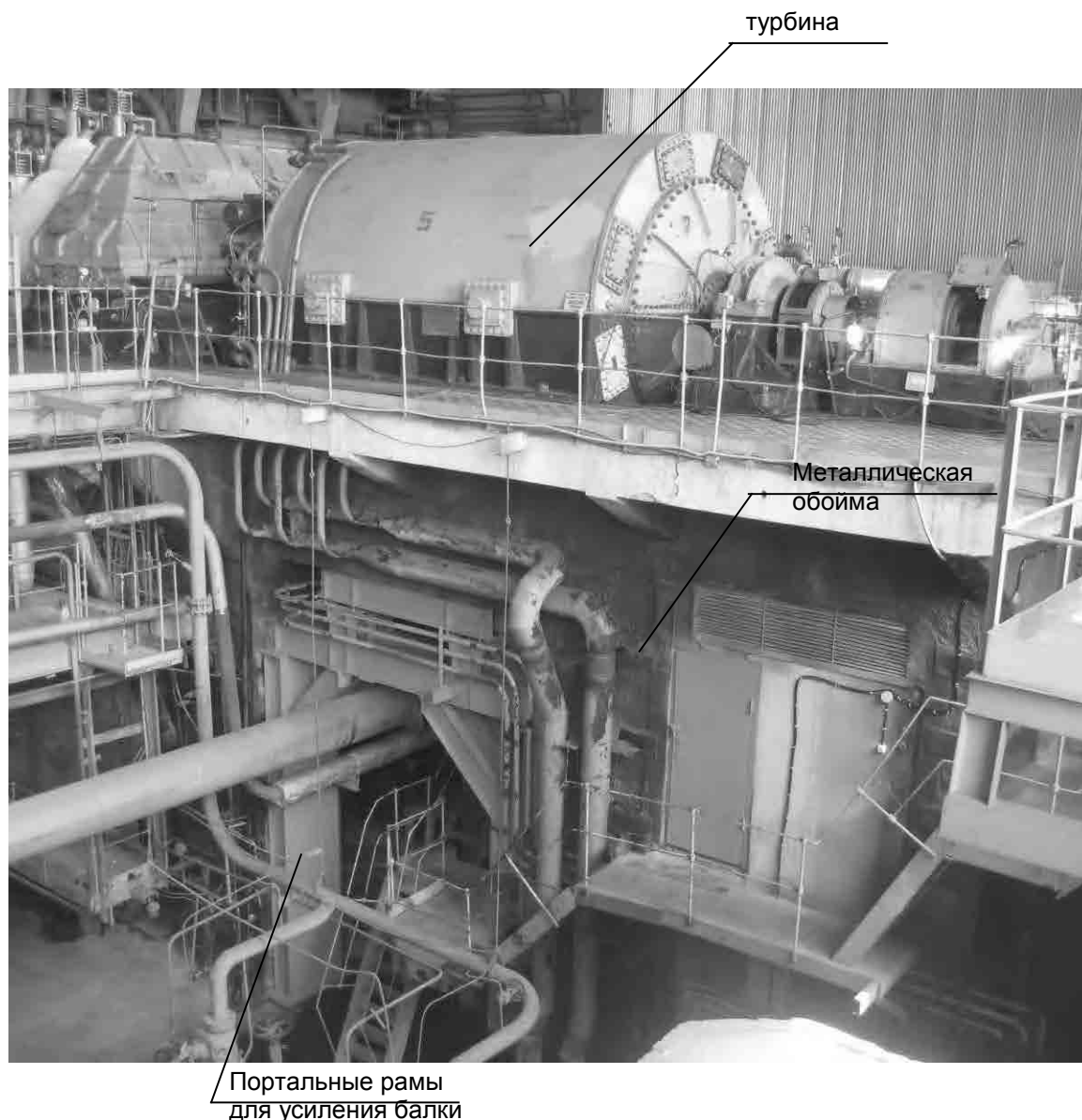


Рис. 2. Общий вид фундамента под турбоагрегатом с элементами усиления.

Комплексный процесс по усилению стоек рам состоял из ряда простых процессов: подготовка поверхности; монтаж металлических обойм; нанесение композитных материалов «Консолид-1», «Консолид-2» изготовленных на ООО «Композит» (Украина); нанесение торкрет-штукатурки. Простые процессы выполняли в следующей последовательности:

- 1) очистка поверхности фундамента от пыли, грязи, жировых и битумных пятен;
- 2) расшивка трещин;
- 3) грунтование отдельных мест;
- 4) нанесение ремонтных полимерцементных композиций в отдельные места;
- 4) установка металлической обоймы из стоек уголкового профиля, и части

соединительных планок из листового металла и опорных подкладок;

- 5) грунтование поверхности композитным материалом «Консолид-1» в два слоя;
- 6) нанесение на поверхность композитного материала «Консолид-2» в один слой;
- 7) торкретирование поверхности;
- 8) приварка соединительных планок, что остались;
- 9) антикоррозионная защита сварочных соединений;
- 10) покрытие поверхности композитным материалом «Консолид-1» в один слой.

В данной технологии композитный материал «Консолид-1» использовался для повышения прочности существующего бетона фундамента, а «Консолид-2» – для

повышения прочности сцепления существующих бетонных конструкций фундамента с последующими нанесенными слоями. Полимерные композитные материалы наносили распылением на труднодоступные места на бетон под обоймой и намазыванием на открытые поверхности. Нанесение второго слоя «Консолид-1» выполняли через 18-24 часа после нанесения первого. После чего на свеженанесенный слой «Консолид-1» небольшими участками наносили слой «Консолид-2». При этом в течение 2-4 часов на слой «Консолид-2» наносили штукатурный состав. Временные регламенты работы с полимерными композициями приняты в соответствии с рекомендациями завода изготовителя материалов.

Торкретирование выполняли снизу вверх ярусами 1,2 – 1,5 м на всю ширину стоек. Сначала заполняли торкрет-штукатуркой промежуток между плоскостями существующей конструкции и внутренней стороной уголков, далее – пространство между стойками из уголкового профиля. Штукатурку наносили слоями: толщина первого слоя 1 см, последующего – 1,5 – 2,0 см (до верхней грани уголков обоймы) с технологическим перерывом между нанесением слоев четыре часа. Поверхность последнего штукатурного слоя разравнивали и заглаживали. Через 18 – 20 суток на поверхность штукатурки и металлических элементов обойм наносили слой «Консолид-1».

Усиление отдельных горизонтальных конструкций фундаментов, а именно балки между рамой 2 и 3, выполняли подведением дополнительных порталных рам. Дополнительная порталная рама представляет собой по 6 стоек из двутаврового профиля, размещенных на первом и втором ярусах. Для равномерного распределения усилий на стойки первого яруса укладывали горизонтальные двутавровые балки. После чего стойки вместе с балками поджимали к низу плиты перекрытия. Это действие выполняли ввинчиванием болтов

предусмотренных в нижней пластине стоек. Пространство между фундаментной плитой и пластиной стоек забетонировали.

Процесс усиления железобетонных балок между рамой 2 и 3 на втором ярусе состоял из следующих операций:

- 1) укрупненная сборка стоек и балок;
- 2) монтаж всех вертикальных стоек с временным креплением их, привариванием, к металлическим обоймам;
- 3) монтаж горизонтальных балок (1 уровень) способом надвигки на соответствующие стойки (рис. 3);
- 4) приваривание горизонтальных балок к вертикальным стойкам;
- 5) монтаж горизонтальных балок способом надвигки (2 уровень) (рис. 4);
- 6) нанесения на верхнюю плоскость каждой балки ремонтно-клеевого состава и поджатия балок к бетонной балке с помощью вкручивания болтов.

Строительные работы выполняли специалисты ОАО «Центроэнергомонтаж», а электромонтажные – непосредственно работники Минской ТЭЦ-3.

Через месяц после запуска турбоагрегата было выполнено проверку уровня виброскорости как самой турбины, так и фундамента. В результате чего установлено, что максимальный зафиксированный уровень виброскорости составил 2,7 мм/с, против нормативного показателя в 4,5 мм/с.

Выводы.

Комплексный подход к решению проблемы прочности и стойкости конструкций фундамента под турбоагрегатом, который включал в себя визуально-инструментальное обследование конструкций фундамента, разработку проекта на усиление конструкций фундамента и разработку проекта выполнения работ по усилению, дал возможность восстановить проектную несущую способность фундамента.

В результате выполнения комплекса ремонтно-восстановительных работ, максимальный зафиксированный уровень виброскорости составил 2,7 мм/с, что в 2,5 раза ниже виброскорости, которая была до проведенных работ (6,8 мм/с).

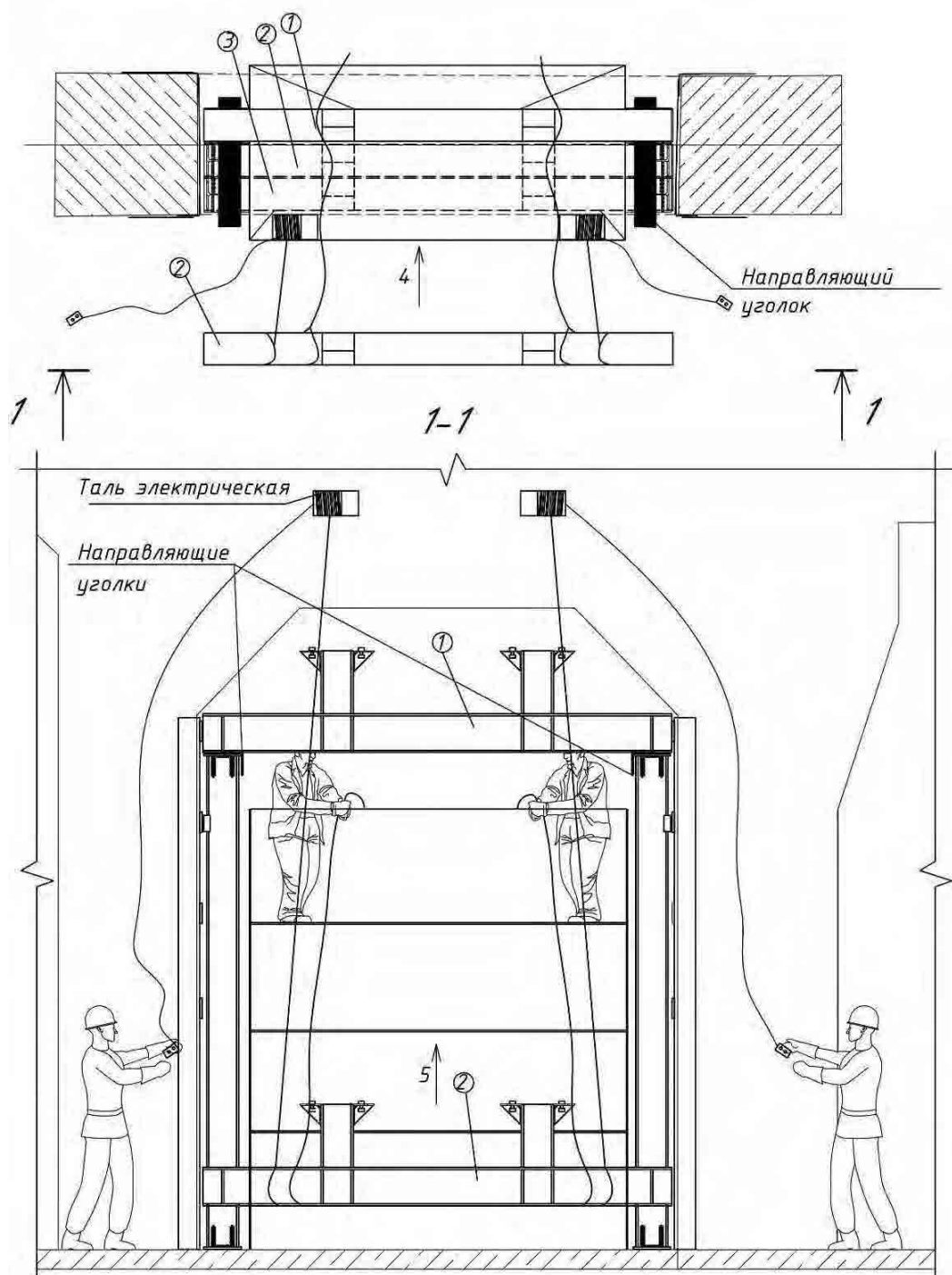


Рис. 3. Схема монтажа горизонтальных балок (1 уровень) способом надвигки их на соответствующие стойки: 1 – первая установленная балка; 2 – вторая балка во время монтажа и ее монтажное место; 3 – место установки третьей балки; 4 – направление надвигки; 5 – направление монтажа

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Организация строительного производства: ТКП 45-1.03-161-2009. [Действующий с 2014-07-01]. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь 2014. – 48 с.

2. Технологическая документация при производстве строительно-монтажных работ Состав, порядок разработки, согласования и утверждения технологических карт: ТКП 45-1.01-159-2009 (02250). [Действующий с 2009-09-30]. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь 2009. – 16 с.



Рис. 4. Фото элементов фундамента после усиления

3. Безопасность труда в строительстве. Строительное производство: ТКП 45-1.03-44-2006 (02250). [Действующий с 2006-12-27]. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь 2007. – 35 с.

4. Безопасность труда в строительстве. Строительное производство: ТКП 45-1.03-44-2006 (02250). [Действующий с 2007-07-01]. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь 2007. – 42 с.

5. Здания и сооружения. Техническое состояние и обслуживание строительных конструкций и инженерных систем и оценка их пригодности к эксплуатации. Основные требования: ТКП 45-1.04-208-2010 (02250). [Действующий с 2010-07-15]. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь 2011. – 23 с.

6. Методические указания по обследованию фундаментов турбоагрегатов: РД 34.21.323-95. – М.:

РАО «ЕЭС России», 1995. – 32 с.

7. Здания и сооружения. Основные требования к техническому состоянию и обслуживанию строительных конструкций и инженерных систем, оценке их пригодности к эксплуатации: СНБ 1.04.01-04. [Действующий с 2004-03-02]. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь 2004. – 20 с.

8. Савйовский В. В. Технология возведения и ремонта сооружений: учебное пособие/ Савйовский В. В. – Х.: Издательство «Лидер», 2014. – 256 с.

9. Беляков Ю. И. Романушко Е. Г. Запорожченко С. А. Средства механизации при реконструкции промышленных предприятий/ Беляков Ю. И. Романушко Е. Г. Запорожченко С. А. – К.: Будівельник, 1987. – 144 с.

10. Савйовский В. В., Болотских О. Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий/ Савйовский В.В., Болотских О.Н. – Х.: Ватерпас, 1999. – 288 с.

АНОТАЦІЯ

У статті розглянуто практичний досвід виконання робіт з підсилення конструкцій фундаменту турбоагрегата Мінської ТЕЦ-3. Зазначені роботи виконувалися згідно з встановленою піддатливістю фундаменту дії вібраційних коливань від турбоагрегату, що спровокувало зростання віброшвидкості до 6,8 мм/с при нормативному значенні не вище 4,5 мм/с. У відповідності з розробленою програмою були виконані наступні роботи: вивчення і аналіз проектно-технічної та виконавчої документації; візуально-інструментальне обстеження надземних конструкцій фундаменту; розробка проектних рішень на посилення конструкцій фундаменту; розробка проекту виконання робіт на підсилення фундаменту; виконання вібродіагностики фундаменту після підсилення. На підставі даних обстеження було розроблено конструктивний проект і проект виробництва робіт на підсилення залізобетонного фундаменту металевими обіймами і підведеними додатковими порталними рамами з використанням торкрет-штукатурки і композитних матеріалів. Особливістю розробленої технології було те, що кутики каркасу встановлювали на відстані не менше 20 мм від кутів підсилюваних стійок, а простір між металевим каркасом і залізобетонною конструкцією заповнювали цементно-піщаною сумішшю торкретуванням. В результаті виконання комплексу ремонтно-відновлювальних робіт максимальний зафіксований рівень віброшвидкості склав 2,7 мм/с, що в 2,5 рази нижче віброшвидкості, яка була до проведених робіт (6,8 мм/с).

Ключові слова: фундамент, турбоагрегат, підсилення, монтаж, обійма, рама, віброшвидкість, торкретування, композитні матеріали.

ANNOTATION

The article presents practical experience of execution of works on strengthening of designs of the foundation of turbine CHP-3. These works were performed in accordance with established compliance foundation of the action of the vibration oscillations from the turbine, which triggered a growth in vibration up to 6.8 mm/s at standard value not above 4.5 mm/sec. In accordance with the developed program performed the following work: study and analysis of project, technical and executive documentation; visual and instrumental inspection of overhead structures of the foundation; development of design decisions on strengthening of designs of foundation; development of the project of manufacture of works on strengthening of the foundation; execute vibration analysis of the foundation after strengthening. On the basis of the survey data was developed constructive project and the project of manufacture of works on psilent reinforced concrete foundation, metal clips and painted additional portal frames using gunite-plaster and composite materials. Feature of the developed technology was that the corners of the frame installed at a minimum distance of 20 mm from the corners pasalubong stands, and the space between the metal frame and reinforced concrete filled cement-sand mixture to torremolinas. The result of the complex repair work the maximum recorded vibration level was 2.7 mm/s, which is 2.5 times lower than the vibration velocity which was held to (6.8 mm/s).

Keywords: foundations, turbo generator, amplification, installation, mount, frame, velocity, shotcrete, composite materials.