

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РЕМОНТА ФУНДАМЕНТОВ ПОД МАШИНЫ С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Матус Ю.В.

Рассмотрены вопросы оценки влияния постоянной вибрации малой интенсивности на процесс твердения бетона и установления необходимой прочности бетона фундамента на момент его динамического нагружения.

Ремонт монолитных железобетонных фундаментов под машины с динамическими нагрузками связан с устранением повреждений фундаментов, возникших как в процессе их эксплуатации, так и при замене старой машины на новую, и включает в себя восстановление сплошности и прочности бетона (разборка частей подвергшихся трещинообразованию, а также промасленного бетона с последующим добетонированием), и замену или восстановление анкерных болтов.

В условиях действующего производства ремонтируемые фундаменты находятся, как правило, в зоне влияния других машинных фундаментов — источников колебаний. Это требует оценки влияния постоянной вибрации на процесс твердения бетона при выполнении ремонтных работ. С такой оценкой напрямую связана сама возможность проведения работ без остановки производственного процесса. Кроме того, в каждом конкретном случае необходимо установить минимальную необходимую прочность бетона ремонтируемого фундамента на момент его динамического нагружения. Последняя является определяющей при установлении времени начала обкатки машины с дальнейшим выводом ее на рабочий режим при гарантированном устранении возможности возникновения аварийной ситуации.

Известно, что колебания с определенными значениями частоты и амплитуды нашли широкое применение при вибрационном формировании бетонных и железобетонных изделий. Отметим, что механизм уплотнения бетонной смеси под действием вибрации изучен недостаточно. При вибрации смесь приобретает подвижность, вследствие чего хорошо заполняет форму, плотность ее увеличивается как за счет более компактной укладки частиц заполнителя, так и из-за выделения из нее пузырьков воздуха. При чрезмерно длительном вибрировании при той же интенсивности вибрации имеет место расслоение бетонной смеси. В связи с чем, наряду с параметрами вибрации устанавливается и продолжительность вибрирования. Требуемые интенсивности вибрации

для эффективного виброформирования бетонной смеси повышенной удобоукладываемости и более жестких смесей находится в пределах соответственно от 80 до 300 и от 200 до 450 $\text{см}^2/\text{с}^3$ (интенсивность вибрации представляет собой произведение квадрата амплитуды в см на куб угловой частоты в с^{-1}). Оптимальное время виброобработки пластичных смесей и смесей повышенной жесткости принимается равным соответственно 2...3 и 3...4 мин.

Параметры колебания ремонтируемого фундамента существенно отличаются от параметров виброобработки бетонной смеси при формовании изделий – вибрация имеет существенно меньшую интенсивность при неограниченном времени ее действия. Вопрос о влиянии на процесс твердения бетонной смеси постоянной вибрации малой интенсивности до настоящего времени не исследован. Мы считаем, что если интенсивность постоянной вибрации в тысячу и более раз меньше минимального значения интенсивности при эффективном виброформировании бетонной смеси, то можно рекомендовать проведение ремонтных работ без остановки действующего производства.

Минимальная прочность, применяемого при ремонте фундамента, бетона на момент его динамического нагружения является функцией как от условий передачи на бетон динамической нагрузки, так и от значения последней.

Поставленные вопросы ниже рассмотрены применительно к ремонту существующего фундамента компрессоров ПК-1 и ПК-2 газовой компрессорной каталитического риформинга АООТ ОНПЗ.

Фундамент – монолитный, железобетонный, бесподвальный, под групповую установку машин – под два угловых компрессора ISL IK. 250/37 – 51.5 производства Zwickaver Maschinenfabrik GmbH. Компрессоры относятся к среднечастотным машинам с гармоническим воздействием с IV (очень большой) категорией динамичности. Конструкции фундамента и компрессора описаны в работе /1/. Там же приведены значения параметров динамических нагрузок, возникающих при работе компрессора. Нагрузки от компрессора воспринимаются: вертикальные – бетоном пилонов; горизонтальные – посредством заземления корпуса компрессора в машинном приямке подливкой бетоном на мелком щебне. Корпус размещается по вертикали: ниже обреза пилона – в теле пилона; выше обреза – в пределах обвязочной балки-выступа шириной от 90 до 300 мм и высотой 120 мм. Общая глубина заделки корпуса компрессора составляет 220 мм. Марка бетона фундамента и бетона подливки соответственно “200” и “150”.

В ноябре 1995 г., после 19 лет эксплуатации фундамента был произведен его ремонт. В процессе ремонта старый компрессор ПК-1 был заменен на новый такого же типа и с такими же параметрами. В связи с производственными условиями при ремонте бетон обвязочной балки-

выступа машинного приямка ПК-1 был полностью разобран с оставлением арматуры. После монтажа нового компрессора ПК-1 одновременно с бетонированием обвязочной балки-выступа было произведено и заполнение пазухи между пилоном и корпусом компрессора.

В соответствии с результатами экспериментальных замеров работа компрессора ПК-2 вызывала колебания с амплитудой, равной 0,05 мм, у верха пилон под компрессор ПК-1. При этом значение интенсивности вибрации составило $0,0136 \text{ см}^2/\text{с}^3$, что меньше требуемого значения интенсивности для эффективной виброобработки при формировании бетонных изделий в 6000 раз. В связи с чем, было принято возможным рекомендовать проведение ремонтных работ без остановки компрессора ПК-2.

При обкатке и дальнейшем выводе на рабочий режим, расположенного на новом бетоне набетонки, компрессора ПК-1 динамические нагрузки от него на фундамент будут восприниматься:

– вертикальные силы: растягивающие – фундаментными болтами, заанкеренными в старом бетоне пилон; сжимающие – старым бетоном, передача сил на который осуществляется через стальные клиновидные монтажные подкладки;

– горизонтальные силы: заделкой корпуса компрессора внизу – в старый бетон машинного приямка пилон /на глубину 70 мм/, вверху – в новый бетон набетонки /на глубину 150 мм/.

На момент обкатки нового компрессора кубиковая прочность бетона набетонки должна быть, во-первых, не меньше $150 \text{ кгс}/\text{см}^2$, т.е. минимальной рекомендованной для монолитных фундаментов главой СНиП 2.02.05-87 “Фундаменты машин с динамическими нагрузками”, во-вторых, сопротивление бетона должно быть достаточным для восприятия горизонтальной составляющей динамических сил. Отметим и экономическую целесообразность динамического нагружения нового бетона набетонки как можно в более раннем возрасте с целью обеспечения как можно более быстрого вывода на рабочий режим компрессора ПК-1.

В связи со сложностью и неопределенностью распределения между старым и новым бетоном указанной составляющей динамической нагрузки, был рассмотрен наихудший из возможных вариантов – вариант полной передачи горизонтальной нагрузки на новый бетон набетонки. Сопротивление нагрузке набетонки было представлено в виде суммы сил сцепления корпуса компрессора с бетоном и сил сопротивления срезу, действующих по горизонтальному сечению обвязочной балки-выступа.

Известно, что удельное значение обоих видов сопротивления примерно равны между собой; так, прочность сцепления бетона с арматурой $R_{сц} = (0,18...0,25) R_{сж}$, а прочность бетона при срезе

(скалывании) $R_{ср} = (0,17...0,25) R_{сж}$ (где $R_{сж}$ – кубиковая прочность). В связи с чем отсутствует необходимость подразделения горизонтального сечения на участки сопротивления срезу и сцеплению.

Максимальное значение прочности бетона при работе под горизонтальной нагрузкой можно принять равным минимальному из приведенных выше значений, т.е. $0,17 R_{сж}$. В связи со слабой изученностью вопросов раннего загрузения бетонов динамической нагрузкой, допускаемое значение горизонтального динамического напряжения (предел усталости бетона при указанном напряжении) следует взять равным 40% от принятого выше значения, т.е. $0,068 R_{сж}$. Кроме того, учитывая возможные дефекты бетонирования узкой, шириной 50 мм, пазухи, и с целью обеспечения необходимого запаса прочности, следует потребовать, чтобы среднее значение действующего горизонтального динамического напряжения $\tau_{ср}$ не превышала 10% от допускаемого.

При определении $\tau_{ср}$ расчетная схема пилона была принята в виде вертикального консольного стержня, имеющего жесткую заделку нижнего конца. Были определены прогибы конца консоли при статическом и динамическом действии нагрузки, а затем и динамический коэффициент, характеризующий отношение динамического прогиба к статическому. Площадь горизонтального поперечного сечения набетонки в границах ее внешнего контура – 27670 см^2 . Среднее значение горизонтального динамического напряжения составило $1,1 \text{ кгс/см}^2$. Исходя из этого значения была найдена необходимая кубиковая прочность бетона набетонки на момент начала обкатки компрессора ПК-1 – $R_{сж} = 157 \text{ кг/см}^2$.

Для установления оптимального срока загрузения фундамента динамической нагрузкой от ПК-1, были проведены опытные работы по испытанию на сжатие образцов (кубиков $20 \times 20 \times 20 \text{ см}$) нового бетона (четыре серии по три образца в каждой при возрасте образцов серий 7, 14, 21 и 28 суток), позволившие установить закономерность нарастания прочности бетона набетонки от его возраста. Кубиковая прочность нового бетона на 28 суток твердения составила 237 кгс/см^2 . Твердение бетона происходило при температуре $+5...+10^\circ\text{C}$.

Обработка результатов испытаний позволила описать зависимость прочности на сжатие $R_{сж}$ (кгс/см^2) бетона набетонки от его возраста t (сутки) уравнением дробно-линейной функции

$$R_{сж} = \frac{t}{0,02414 + 0,00336 t},$$

имеющим достаточно хорошую сходимость с опытными данными. При $t = \infty$ ожидаемая прочность составит 300 кгс/см^2 . Время набора 99% от указанной прочности (при упомянутой выше температуре твердения) – 2 года.

Укладка бетона набетонки была произведена при отключенном по технологическим причинам компрессоре ПК-2.

Динамическое нагружение фундамента было выполнено в следующем режиме:

- обкатка старого компрессора ПК-2 с дальнейшим выводом его на рабочий режим (возраст бетона набетонки – 6 суток; $R_{сж} = 135 \text{ кгс/см}^2$);
- обкатка с дальнейшим выводом на рабочий режим нового компрессора ПК-2 (возраст бетона – 14 суток; $R_{сж} = 171 \text{ кгс/см}^2$).

Визуальным осмотром, произведенным на 21 день ($R_{сж} = 228 \text{ кгс/см}^2$), было установлено удовлетворительное техническое состояние бетона набетонки, характеризующееся полным отсутствием трещин и наличием монолитной связи старого и нового бетонов.

Правильность выполненного анализа условий ремонта, принятых технологии ремонта и режима динамического нагружения подтверждается последующей нормальной пятилетней эксплуатацией фундамента.

Литература.

1. Ю.В. Матус. Анализ работы на динамическую нагрузку фундамента под два угловых компрессора. – В книге: Строительные конструкции. Строительные материалы. Инженерные системы. Экологические проблемы. // Сборник трудов ОГАСА. – Одесса: ИМК Город мастеров, 1998 – с. 46-47.