

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ  
НАГРУЗОК НА КАРКАС  
РЕКОНСТРУИРОВАННОГО ЗДАНИЯ**

*Павлодарский государственный  
университет им.С.Торайгырова,  
г.Павлодар, Казахстан*

***М.К. Кудерин**  
Декан архитектурно-строительного факультета,  
доктор технических наук*

***В.И. Данилов**  
Профессор кафедры транспортного строительства и профессионального обучения,  
кандидат технических наук*

***В.А. Козионов**  
Профессор кафедры транспортного строительства и профессионального обучения,  
кандидат технических наук*

**Введение**

Изменение структуры производства, отмечаемое в последние годы в сфере транспортного и промышленно-гражданского строительства, часто связано с реконструкцией существующих предприятий. В большинстве таких случаев приходится рассматривать вопросы, связанные с оценкой строительных конструкций на предмет возможности их использования на действие нагрузок, обусловленных новой технологией работ. Подобная ситуация возникла после реконструкции одного из цехов бывшего ПТЗ в Павлодарской области в производственное здание по выпуску арматуры. После строительства и запуска нагревательной печи мощностью 50 т/ч в здании ЭСЛЦ–1 на отметке +7,800 стали отмечаться колебания фундамента печи, перекрытия цеха и несущих строительных конструкций от воздействия технологического оборудования – двух гидроцилиндров. Это обусловило необходимость проведения обследования несущих строительных конструкций на предмет оценки параметров колебаний. Такие исследования были проведены специалистами архитектурно-строительного факультета ПГУ им. С.Торайгырова в 2008–2009 г.

Цель исследований состояла в предварительной оценке влияния указанных воздействий на работу каркаса реконструированного здания.

Для реализации указанной цели были поставлены и с учетом методик [1-3] решены следующие задачи: проведен инструментальный замер колебаний элементов конструкций современными электронными приборами; выполнен проверочный расчет напряженно-деформированного состояния каркаса здания на силовое воздействие от двух гидроцилиндров; произведена оценка параметров колебаний несущих колонн.

**Общая характеристика технологических нагрузок  
и схема измерения колебаний конструкций печи**

На основе анализа проектных и архивных данных на рис. 1 приведен фрагмент плана печи подогрева и мест измерения колебаний колонн (точки 1-4). Заготовки стали сечением 125×125 мм, длиной 10200 мм и весом 12 кН перемещаются гидроцилиндрами по направляющим в печь подогрева. На загрузочном столе размещается 57 заготовок, а в печи подогрева – 115. Общая нагрузка от 172 заготовок составляет 2064 кН. Максимальное усилие, развиваемое двумя гидроцилиндрами, составляет 1460 кН и передается на конструкцию на отметке +9,700 м.

Наблюдения за режимом работы печи показали, что при достижении максимального давления в гидроцилиндрах 110 бар происходит скачкообразное изменение перемещений заготовок (срыв), сопровождаемое резким снижением давления в гидросистеме. Это обуславливает возникновение силового импульса с частотой повторения 8-10 мин. Экспериментальное определение параметров колебаний от воздействия данного силового импульса проводилось электронными приборами нового поколения ВИБРАН-1.1 и ВИСТ-2.3, выпускаемыми фирмой ИНТЕРПРИБОР.

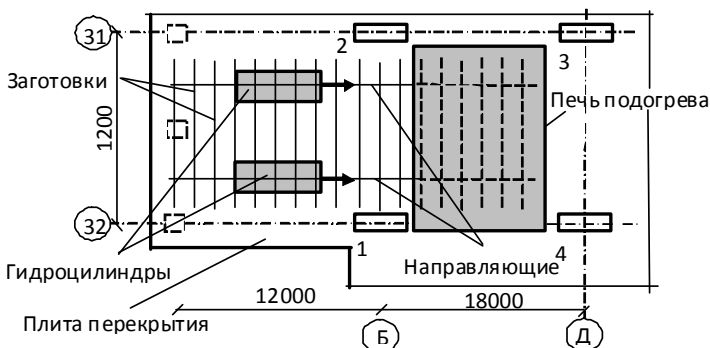


Рис. 1. Фрагмент плана печи подогрева и мест измерения колебаний:  
1-4 – точки измерения колебаний колонн

**Результаты определения параметров колебаний  
колонн прибором ВИСТ-2.3**

Прибор ВИСТ предназначен для измерения виброколебаний различного назначения. Он индицирует среднеквадратичное значение виброскорости  $V$  (от 0,1 до 500 мм/с), амплитуду виброперемещений  $S$  (от 0,001 до 10 мм) и частоту  $F$  (от 2 до 500 Гц). Результаты измерений параметров колебаний колонн на отметке +9,300 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры колебаний несущих колонн

Точки	Номер замера	Амплитуда S, мм	Виброскорость V, мм/с	Частота F, Гц
1	1	0,228	2,1	2,0
	2	0,184	1,7	2,0
	3	0,023	0,8	8,5
2	4	0,132	1,2	2,1
	5	0,058	1,0	3,9
3	6	0,182	1,6	2,0
4	7	0,059	3,6	13,7

**Результаты определения параметров колебаний  
колонн прибором ВИБРАН-1.1**

Этот прибор предназначен для вибродиагностики конструкций. Прибор выполняет анализ периодических и непериодических процессов колебаний по одной пространственной координате, а также производит запись непериодических процессов в задаваемых временных рамках с автоматическим запуском по задаваемому пороговому уровню колебаний и получением их состава из 27 линий спектра. Прибор также индицирует пиковые значения виброскорости разложения в ряд и спектр.

Результаты измерений параметров колебаний колонн на отметке +9,300 приведены на рис.2, где обозначено:  $V$  – скорость колебаний;  $F$  – частота колебаний;  $T$  – время колебаний.

Приведенные выше результаты измерений показывают, что технологический процесс работы печи подогрева оказывает существенное влияние на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций цеха ЭСЛЦ-1, включая возникновение в них динамических процессов.

**Результаты анализа напряженно-деформированного  
состояния несущих конструкций цеха**

Оценка влияния колебательных воздействий на несущие конструкции должна производиться по результатам соответствующих динамических расчетов. Однако, в проектной документации, как показало ее изучение, отсутствуют данные о влиянии описанных выше технологических воздействий с учетом их динамической составляющей на напряженно-деформированное состояние несущего каркаса. Оценка влияния колебательных воздействий на несущие конструкции здания производилась по результатам динамических расчетов по лицензионной программе SCAD. Расчет производился на импульсное действие сосредоточенных сил, приложенных к опорной плите каркаса здания по оси печи, на основе разработанной конечноэлементной модели здания (рис. 3).

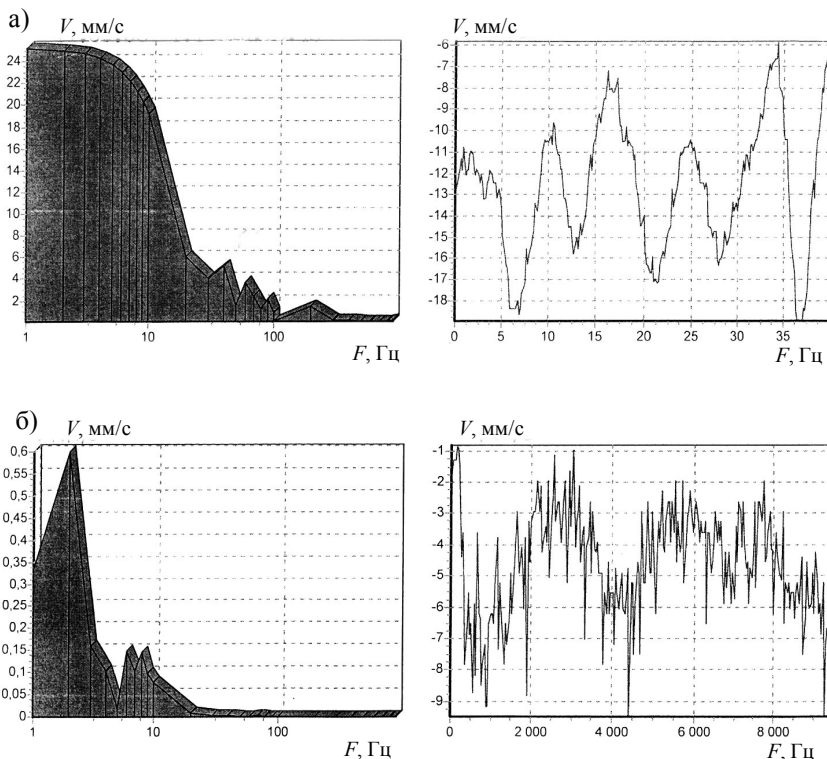


Рис.2. Зависимости  $V = f(F)$  и  $V = f(T)$ :  
а – в точке 1; б – в точке 3

Результаты вычислений изгибающих моментов в элементах каркаса здания приведены на рис.4.

Анализ приведенных на рис.4 данных подтвердил, что технологическая нагрузка, передаваемая на каркас цеха, оказывает существенное влияние на характер напряженного состояния конструкций цеха. Вместе с тем, как показали результаты, абсолютные значения внутренних усилий и деформации в каркасе здания локализуются в сравнительно небольшой по размерам зоне цеха, непосредственно вблизи от участка приложения сил. Сопоставление рассчитанных перемещений выделенных точек каркаса с измеренными амплитудами показало удовлетворительное их соответствие.

Дополнительным фактором, осложняющим работу конструкций цеха, является наличие жесткой связи фундамента печи с каркасом здания.

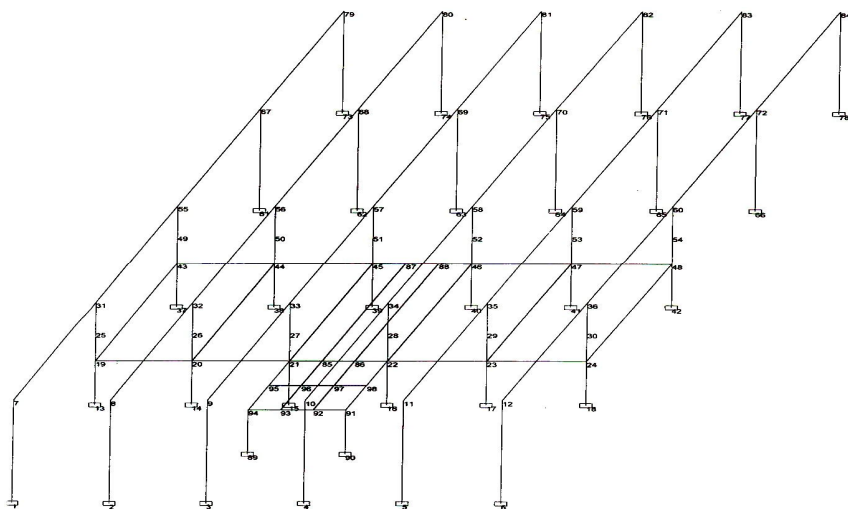


Рис. 3. Конечноэлементная модель каркаса здания

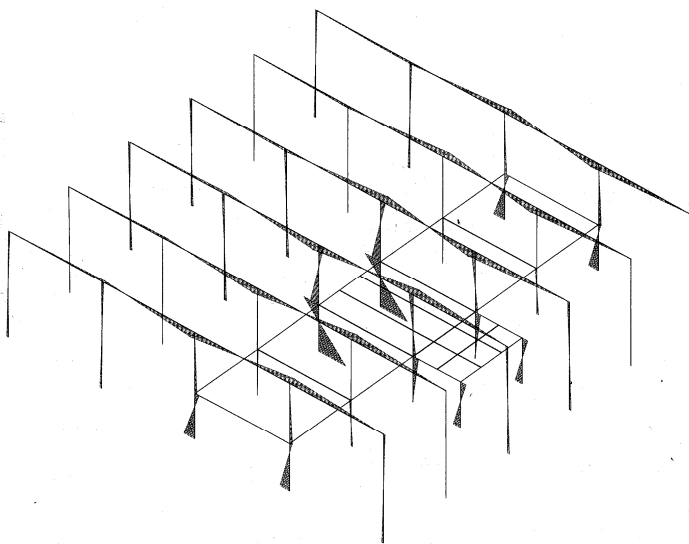


Рис.4. Эпюры изгибающих моментов в элементах каркаса здания

### Выводы

1. Проведенные исследования показали, что технологический процесс работы печи подогрева оказывает существенное влияние на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций каркаса здания, включая возникновение в них динамических процессов.

2. По результатам экспериментов определены параметры колебательного процесса несущих колонн каркаса цеха на участке работы печи: амплитуда колебаний; их частота и скорость изменения. Получено, что они являются переменными во времени и имеют форму непериодического силового импульса в соответствии с режимом работы печи. В пределах каждого силового импульса колебания носят затухающий характер.

3. На основе сопоставления экспериментальных и расчетных результатов с нормативными и справочными данными получено, что параметры колебательного процесса в местах примыкания колонн к площадке расположения печи подогрева не превышают санитарных норм, а величины расчетных динамических перемещений нуждаются в уточнении.

4. По данным расчета получено, что технологическая нагрузка, передаваемая на каркас цеха, оказывает существенное влияние на характер перемещений конструкций и требуется ее учет в оценке надежности здания.

5. Снизить негативные последствия технологических нагрузок возможно путем изменения конструктивной схемы взаимодействия перекрытия с несущими элементами каркаса цеха, а также путем повышения жесткости конструкции опорной площадки загрузки заготовок.

Проведенными исследованиями еще раз подтверждено, что при разработке проектных решений реконструкции зданий необходим тщательный анализ новых технологических нагрузок с проверкой напряженно-деформированного состояния всех его конструктивных элементов.

### Библиографический список

1. Максимов Л.С., Шейнин И.С. Измерение вибрации сооружений: Справочное пособие. – Л.: Стройиздат. – 1974. – 255 с.
2. Справочник по динамике сооружений / Под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. – М.: 1972. – 511 с.
3. Сапожников А.И., Мишичев А.И. Динамический анализ пространственной работы промышленных зданий при различных режимах торможения крана // Известия вузов. Строительство. – 2009. - №3–4. – С.115-121.