

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

МУЗЫЧКИН Ю. А., ШИЛОВ А. Е.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

При выполнении обследования строительных конструкций эксплуатируемого перекрытия производственного здания ЗАО «Атлант», необходимость которого возникла с началом эксплуатации перекрытия для складирования продукции холодильников, было установлено, что из-за интенсивного движения погрузчиков появилась ощутимая вибрация конструкций, в результате которой началось значительное выпадение заделки швов между железобетонными плитами перекрытий. Для разработки рекомендаций по снижению вибрации конструкции при движении погрузчиков, а также уточнения их расчета, с учетом фактических схем размещения, перемещения грузов и возможных максимальных значений коэффициентов динамичности было выполнена экспериментальная оценка динамического воздействия на строительные конструкции перекрытия.

Конструкция перекрытия выполнена из сборных железобетонных ребристых плит, размером 1,5×6 м, уложенным по стальным балкам пролетом 6 и 9 м, которые, в свою очередь, шарнирно опираются на оголовки примыкающих стоек к колоннам каркаса и закреплены на них при помощи монтажных болтов. Соединение стальных балок между собой также выполнено при помощи болтов.

В связи с интенсивным движением погрузчиков по перекрытию, особое внимание при проведении обследований было обращено на техническое состояние полов, железобетонных плит, стальных балок перекрытия и узлов соединения балок между собой и к колоннам, дефекты которых явились основными причинами повышенной вибрации.

Оценка динамического воздействия на перекрытие выполнялась экспериментальным путем. В качестве источника динамического

воздействия был использован погрузчик JUNGHEINRICH EPG 320, загруженный проектной нагрузкой.

При проведении испытаний на исследуемом перекрытии выполнялось 3 вида динамического воздействия:

Проезд электрокара поперек (вдоль) исследуемой конструкции. Проезд осуществлялся как симметрично относительно середины пролета, так и со смещением на 0,75 м. При смещении на 0,75 м, передняя ось погрузчика проезжала посередине пролета конструкции.

Проезд электрокара поперек (вдоль) исследуемой конструкции с наездом на препятствие (гладкий стальной стержень диаметром 15 мм). Проезд осуществлялся как симметрично относительно середины пролета, так и со смещением на 0,75 м. При смещении на 0,75 м, передняя ось погрузчика проезжала посередине пролета конструкции.

Проезд электрокара вдоль исследуемой конструкции с остановкой электрокара в середине пролета. Проезд осуществлялся как симметрично относительно середины пролета, так и со смещением на 0,75 м. При смещении на 0,75 м, передняя ось погрузчика проезжала посередине пролета конструкции.

При проведении испытаний на исследуемом перекрытии складирование холодильников не осуществлялось.

Регистрируемым параметром вибрации было виброускорение A , m/c^2 (на рисунках в долях g), контролируемые – виброскорость, m/c и виброперемещение (прогиб), m . Виброперемещения получены путем двойного интегрирования исходных записей виброускорений.

По результатам измерений были установлены коэффициенты динамичности (для текущего режима эксплуатации):

– Максимальный – определялся по диаграммам спада уровня вибрации для заданного типа конструкции. Выше полученного значения динамический коэффициент быть не может (по физическому смыслу – по материалу и конструктивному исполнению, а также косвенно зависит от динамического воздействия).

– Экспериментальный – учитывал фактический вид динамического воздействия и состояние нагрузок в процессе испытания (по физическому смыслу – по материалу, конструктивному исполнению и виду динамического воздействия).

Выполнено сопоставление результатов анализа исходных записей (уровней виброускорений) с использованием двух подходов оценки динамического коэффициента:

– Первый подход основан на БПФ (быстром преобразовании Фурье) исходных записей и расчете динамического коэффициента.

– Второй подход основан на ОУС (отклик ударного спектра, SRS – shock response spectra, полученном на основе расчета по методу Смоллвуда) исходных записей и расчете динамического коэффициента.

Исходная запись разбивалась на отдельные фрагменты, соответствующие одиночному проезду погрузчика. Для каждого проезда выполнялся анализ прогиба конструкции в середине пролёта и отдельно перемещение каждой опоры.

В качестве примеров ниже приведены отдельные графики и таблицы результатов испытаний.

Расчёт на основе первого подхода – с использованием БПФ

Таблица 1

Измеренные параметры вибрации плиты перекрытия при движении погрузчика

Виброускорение	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц						Корректированное по частоте значение виброускорения L _v , дБ	Общий уровень вибрации L _{in} , дБ	Максимальный общий уровень вибрации L _{in} , дБ
	2	4	8	16	31,5	63			
Середина пролёта									
a _v , дБ*	25,4	48,5	59,5	59,9	65,3	51,5	47,7	65,7	67,4
Максимальное виброперемещение в середине пролёта, мм = 0,31, собственная частота p, сек ⁻¹ = 11,11									
Опора № 1									
a _v , дБ*	28,7	33,7	48,4	46,6	52,7	42,5	37,0	53,1	55,1
Максимальное виброперемещение на опоре № 1, мм = 0,03									
Опора №2									
a _v , дБ*	25,3	41,4	50,5	52,9	52,0	42,3	39,3	53,9	57,0
Максимальное виброперемещение на опоре № 2, мм = 0,07									

Примечание: Опорный уровень виброускорения 3×10^{-4} м/с².

Расчёт на основе второго подхода – с использованием метода SRS

Таблица 2

Расчёт динамического коэффициента для первого и второго ребра
плиты перекрытия

Статический прогиб (от собственного веса и погрузчика), м	0,0082	0,0082
Первая гармоника – $A_1, \text{м/с}^2$	1,69	2,76
$F_1, \text{Гц}$	12	12
$P_1, \text{сек}^{-1}$	62,8	75,4
T_1	0,100	0,083
$V_1, \text{м/с}$	0,027	0,037
Вторая гармоника – $A_2, \text{м/с}^2$	5,41	10,28
$F_2, \text{Гц}$	33	34
$P_2, \text{сек}^{-1}$	207,3	213,6
T_2	0,030	0,029
$V_2, \text{м/с}$	0,026	0,048
Динамический прогиб вызванный движением погрузчика, м	0,0044	0,0043
$\mu_{\text{ст}}$	1,548	1,548

Максимальное виброперемещение в середине пролета (от статического и динамического воздействия) с учетом перемещения опор составит 12,2 мм.

Максимальный динамический коэффициент составил 2,12.

Экспериментальный динамический коэффициент составил 1,548.

Из полученных результатов сравнения двух методов оценки динамического коэффициента был сделан вывод, что коэффициент, рассчитанный с использованием метода БПФ, получался приблизительно на 0,5 % ниже, чем с использованием SRS метода. С целью обеспечения более высокой безопасности эксплуатации конструкций все расчёты выполнялись только по методу SRS.

Анализ результатов измерения вибрации при испытаниях и выполненных динамических расчётах конструкций при движении применяемых погрузчиков на обрешеченных колёсах, позволяет сделать вывод, что существующее техническое состояние конструкций при

использовании погрузчиков приводит к тому, что экспериментально определённые коэффициенты динамичности достигают для плит $K_n = 1,548$, а для балок $K_{б-6} = 1,156$, $K_{б-9} = 1,15$.

В результате анализа показателей экспериментальной оценки динамического воздействия от движения погрузчиков на строительные конструкции, был сделан вывод о необходимости перерасчёта конструкций перекрытия (железобетонных плит и стальных балок) с учётом фактических схем размещения и перемещения грузов, а также максимальных значений экспериментально определённых коэффициентов динамичности. Если несущая способность конструкций перекрытия окажется не обеспеченной, то следует разработать проектные решения по их усилению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТКП 45-1.04-305-2016. Техническое состояние и техническое обслуживание зданий и сооружений. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2017. – 107 с.

2. ТКП EN 1992-1-1-2009*. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1–1. Общие правила и правила для зданий. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2015. – 205 с.

3. ТКП EN 1991-3-2009. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 3. Воздействия, вызванные кранами и механическим оборудованием. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2010. – 69 с.