

ДИНАМИКА ТРАНСПОРТЕРНЫХ ГАЛЕРЕЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Выполнен анализ динамического состояния транспортерных галерей при условии перехода их на облегченные ограждающие конструкции.

Виконано аналіз динамічного стану транспортерних галерей за умови переходу їх на полегшені огороджувальні конструкції.

The analysis of a dynamic condition transportes galleries under condition of their transition to the facilitated protecting designs is made.

Введение. Транспортерная галерея представляет собой инженерное сооружение, предназначенное для установки ленточных конвейеров над поверхностью земли на заданной высоте и с заданным уклоном. Она состоит из пролетных строений, опорных стоек и размещенных внутри галереи ленточных конвейеров.

В последние годы наметилась тенденция к снижению массы пролетных строений галерей. Экспериментальные и теоретические исследования несущих конструкций транспортерных галерей, показали, что динамические нагрузки, генерируемые ленточными конвейерами, способны вызвать весьма значительные поперечные колебания пролетных строений. При этом динамические напряжения оказываются достаточно большими, а в некоторых случаях возникает опасность усталостного разрушения элементов конструкций или их соединений.

Разнообразие используемых при проектировании конструктивных решений транспортных галерей не позволяет принять единую расчетную модель пролетных строений. Однако есть ряд общих требований, которым должна удовлетворять расчетная модель пролетного строения галереи.

В современном строительстве самое широкое распространение получили галереи балочного типа с разрезным пролетным строением, выполняемым в виде опирающегося на внешние опоры пространственного бруса (рис. 1).

Динамические нагрузки, генерируемые ленточными конвейерами, передаются через стойки-опоры станины конвейера непосредственно на поддерживающие конструкции пролетного строения и вызывают их колебания в вертикальной плоскости. При этом возможны как изгибные, так и крутильные колебания пролетного строения, которые необходимо учитывать при выборе расчетной динамически эквивалентной модели. Достаточно большая вертикальная жесткость опор галереи позволяет не учитывать их податливость при изгибно-крутильных колебаниях пролетных строений.

Область частот динамических воздействий от реальных конвейеров охватывает несколько низших частот собственных колебаний пролетных строений, поэтому одномассовая модель пролетного строения в большинстве случаев оказывается неприемлемой.

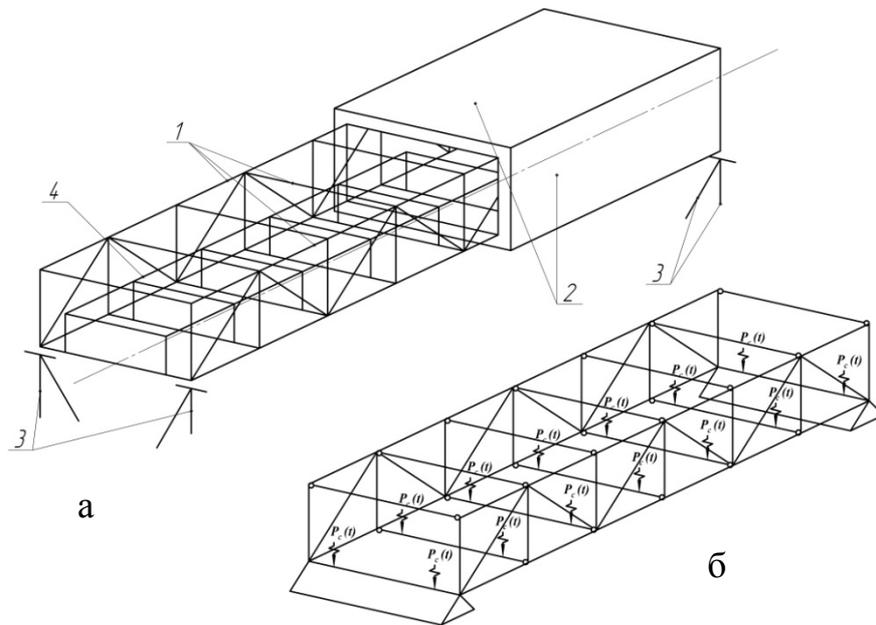


Рис. 1. Схема приведения пролетного строения галереи к расчетной модели: а – пространственная схема конструкций; б – динамически эквивалентная расчетная модель-схема; 1, 2 – несущие и ограждающие конструкции пролетного строения; 3 – опоры пролетного строения; 4 – станина (рама) конвейера

Целью настоящей статьи является анализ динамического состояния транспортерных галерей при условии перехода их на облегченные ограждающие конструкции

Основная часть. Учитывая, что основную опасность для конструкций представляют резонансные и близкие к ним колебания пролетного строения, для решения уравнений установившихся колебаний целесообразно использовать разложение решения по собственным формам. А поскольку пролетные строения галерей, как правило, имеют редкий спектр в области реальных частот динамических нагрузок от конвейеров, то при определении параметров колебаний пролетного строения достаточно учета одного члена разложения, соответствующего собственной форме резонансной частоты.

Характеристическое уравнение для собственных частот, полученное по модифицированному алгоритму Бубнова – Галеркина, имеет вид:

$$\det \left[\overline{[\omega_p, \omega_q]}_1 - \lambda^2 \overline{[\omega_p, \omega_q]}_2 \right] = 0, \quad (p, q = 1, 2, \dots, n).$$

Погрешности в определении собственных частот пролетного строения, обусловленные неточностью исходных данных и расчетной модели, учитывают введением резонансных зон, границы которых вычисляют по формулам:

$$\lambda_r' = 0,85\lambda_r; \quad \lambda_r'' = 1,15\lambda_r$$

где λ_r – вычисленное значение r -ной собственной частоты, рад/с; λ_r', λ_r'' – нижняя и верхняя границы r -ной резонансной зоны.

Поперечные динамические нагрузки, создаваемые ленточными конвейерами. Основными факторами, определяющими поперечные динамические нагрузки от ленточного конвейера, являются:

- а) дисбаланс вращающихся масс холостых и рабочих роликов;
- б) радиальное биение роликов;
- в) удары по рабочим роликам, возникающие при транспортировании крупнокусковых грузов.

При этом весовая неуравновешенность (дисбаланс) роликов приводит к возникновению инерционных нагрузок от подвижных частей роликоопор, а радиальное биение является причиной поперечных колебаний рабочей и холостой ветвей ленты конвейера, создающих динамические нагрузки от транспортируемого материала и ленты. В некоторых случаях возможны поперечные резонансные колебания холостой ветви ленты конвейера.

Необходимость в проверке прочности и выносливости элементов несущих конструкций при колебаниях возникает, если среднее значение частоты возмущающих нагрузок от рабочих роликоопор попадает в одну из резонансных зон, т. е. при $\lambda_r' \leq \omega_p \leq \lambda_r''$. В противном случае проверку можно не выполнять.

Динамические напряжения в элементах несущих конструкций линейно зависят от перемещения пролетного строения, поэтому они, так же как и перемещения, имеют распределение амплитуд напряжений, близкое к закону Релея.

При переходе на облегченные ограждающие конструкции существует большая вероятность возникновения такого явления как резонанс, что и подтвердилось на наших моделях. Явление резонанса может привести если не к аварийной ситуации, то к нарушению технологического процесса. Поэтому основной целью нашей работы является заблаговременное предотвращение дорогостоящих ошибок во время реконструкции.

С помощью вычислительного комплекса SCAD мы создали динамически эквивалентные модели основных типов ферм транспортных галерей (рис. 2). На этих моделях смогли воссоздать работу конвейера и поведения конструкции в целом. Проанализировав полученные экспериментальные данные, были выведены ряд зависимостей которые отображены на графиках (рис. 3, 4, 5).

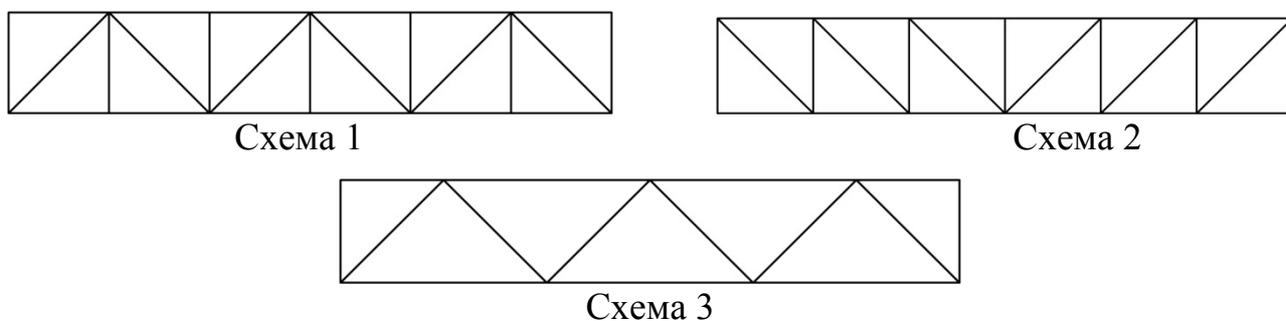


Рис 2. Расчетные схемы ферм

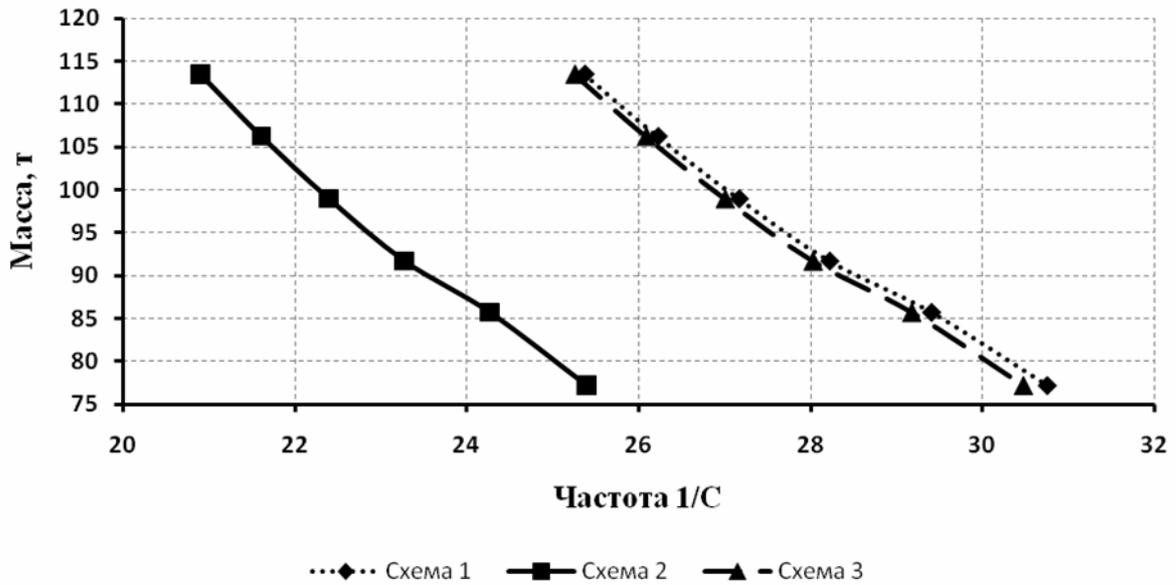


Рис. 3. Зависимость частоты от массы

Как видно из графика рис. 3 с уменьшением массы галереи частота собственных колебаний растет и в конечном итоге частота вынужденных колебаний попадает в зону резонанса. В свою очередь с увеличением собственной частоты колебаний амплитуда перемещений возрастает (рис. 4). Полученные значения амплитуды перемещений значительно превысили предельно допустимые значения (согласно СН 245-71). Таким образом, вибрация ферм может быть опасной для здоровья персонала.

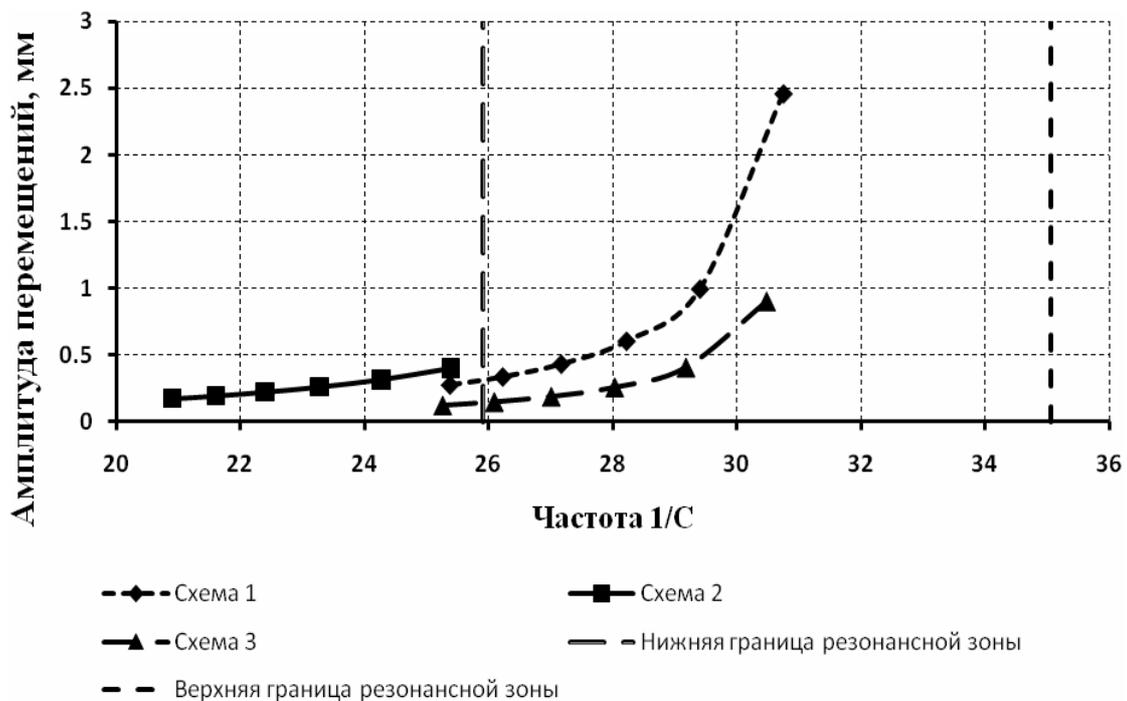


Рис. 4. Зависимость амплитуды от частоты колебаний

Также увеличение частоты колебания приводит к резкому возрастанию усилий (рис.5) в элементах фермы, что может привести к усталости конструкции.

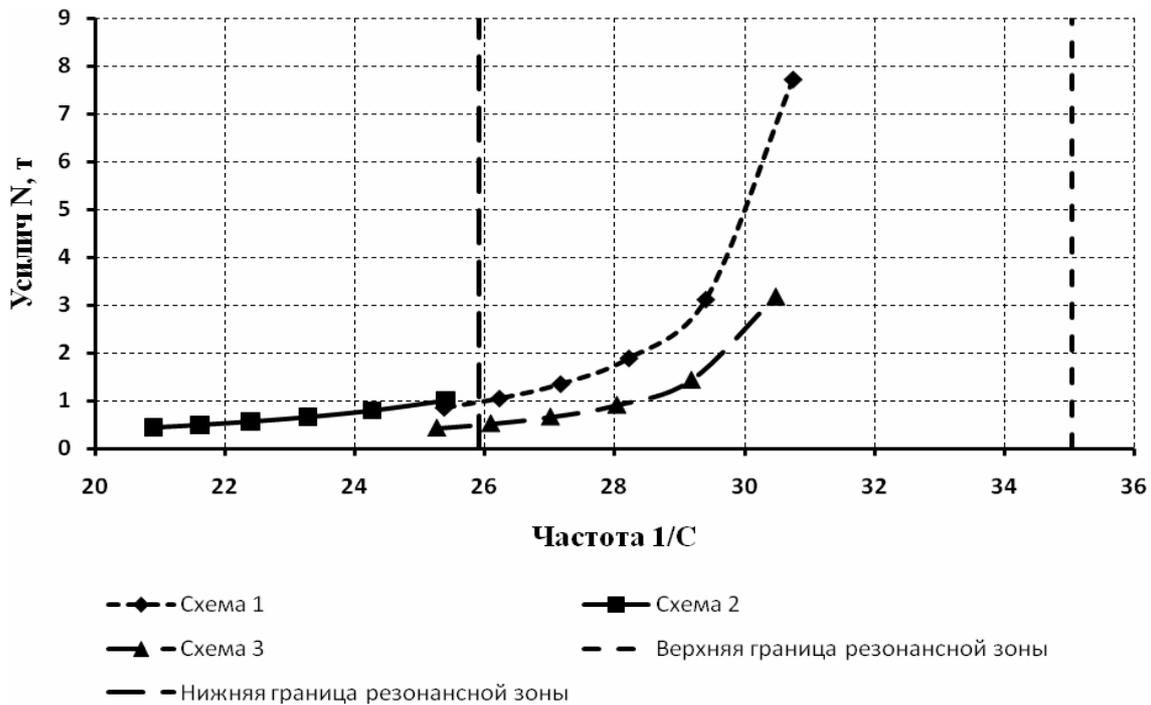


Рис.5. Зависимость усилий от частоты колебаний

Проанализировав представленные зависимости, построенные по результатам проведенных исследований, можно сделать следующие **ВЫВОДЫ**:

- При реконструкции объектов необходимо производить вибродинамическое обследование строительных конструкций.
- В перечень работ по обследованию должны входить теоретические и экспериментальные исследования с составлением динамических паспортов для последующей оценки технического состояния конструкций.
- Доказано, что характерные для промышленных зданий источники динамического воздействия могут существенно ухудшать эксплуатационные качество таких объектов.
- Для упрощения расчетов и проектирования при проведении реконструкции транспортных галерей поверхности горных предприятий необходимы внесения корректировок в методику расчета и проектирования. Для этого необходимо дальнейшее проведение теоретических исследований и расчетов собственных и вынужденных колебаний рассмотренных конструкций.

Список литературы

1. Справочник проектировщика "Динамический расчет сооружений на специальные воздействия" Под ред. Б.Г.Коренева, И.М.Рабиновича М.: Стройиздат. 1981. 215с.
2. Аронов Р. И. Испытание сооружений. М. Изд. Высшая школа, 1974. 187 с.
3. СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
4. СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия. Вертикальные предельные прогибы.
5. Руководство по проектированию транспортерных галерей / Ленингр. Промстройпроект Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1979. – 104 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Шашенком О.М.
Надійшла до редакції 15.03.10*