

УДК 624.014:620.193

Методика определения технологической безопасности пролетных строений транспортерных галерей

¹Колесниченко С.В., к.т.н., ²Сулима Ю.Г.,

¹Донбасский центр технологической безопасности УкрНИИПСК
им. В.Н. Шимановского, Украина

²Днепропетровский комплексный отдел, Украина

Анотація. Розглядається методика технологічної безпеки прогонових будов транспортерних галерей. Надані експериментальні дослідження і результати на динамічні навантаження для транспортерних галерей.

Аннотация. Рассматривается методика технологической безопасности пролетных строений транспортерных галерей. Представлены экспериментальные исследования и результаты на динамические нагрузки для транспортерных галерей.

Abstract. The method is considered to provide technological safety of conveyor galleries' framework. Experimental investigation results are presented concerning dynamic loads for conveyor galleries.

Ключевые слова: пролетные строения, транспортерные галереи, динамические нагрузки, методика безопасности.

Основной задачей технологической безопасности является сохранение или улучшение эксплуатационных свойств конструкций зданий, сооружений и инженерных сетей при их эксплуатации, а также во время модернизации, техническом переоснащении и реконструкции. Технологическая безопасность является частной составляющей безопасности предприятия (наряду с экономической, финансовой, экологической и т.д.) и характеризует систему мер для сохранения допустимого уровня его функционирования в условиях истощения строительными конструкциями и инженерными сетями своего нормативного ресурса.

Технологическая безопасность требует процессного подхода, который заключается в создании организационно-технических средств, основанных, прежде всего, на стремлении руководства предприятия системно реализовывать принципы управления качеством и надежностью продукции. Надежность объекта должна быть рассчитана на всех стадиях его жизненного цикла и соответствующих этим стадиям этапам видов работ. Необходимость расчета надежности, цели и задачи, номенклатуру рассчитываемых показателей, сроки и порядок оформления результатов устанавливаются в программе обеспечения надежности (ПОН). В свою очередь, ПОН должна базироваться не только на проектных или предварительных теоретических расчетах, но и на результатах натурных

испытаний конструкций, которые выполняются для уточнения реального поведения здания (сооружения) с целью прогнозирования его дальнейшей работы и проведения технического перевооружения.

Транспортерные галереи являются ответственными сооружениями предприятий горно-металлургического комплекса, обеспечивающими неразрывность технологических функций предприятия. Выход из строя галереи, часто имеющий длительный характер, может нанести серьезный экономический ущерб. Для предприятий горно-металлургического комплекса транспортерные галереи являются основными сооружениями технологического процесса, но в то же время на сегодняшний день они одни из самых аварийноопасных сооружений в связи со значительной изношенностью конструкций и используемого в них технологического оборудования.

Особенностью галерей является их работа на динамические нагрузки, которые возникают при работе транспортеров во время транспортирования технологических продуктов. 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 расчете сооружения на динамические воздействия. Важной задачей является определение возможного резонанса сооружения при совпадении частот собственных и вынужденных колебаний во время работы транспортера галереи.

Несмотря на достаточно известные методы расчета галерей [1, 2, 4], выполнение динамического расчета таких сооружений является достаточно сложной задачей, требующей не только специальной подготовки, но и значительных временных ресурсов. Даже использование уже ставших традиционными программных комплексов типа SCAD тоже не всегда является выходом из положения. Остаются те же проблемы профессиональной подготовки, правильного понимания задачи расчета, умения достаточно точно детализировать расчетную схему и приложить все эквивалентные сосредоточенные массы. Но и это не всегда дает ожидаемые результаты, так как определение форм и частот вынужденных колебаний может быть затруднено, в случае, когда возбуждающая нагрузка (двигатели привода транспортера) находятся за пределами сооружения.

Выходом из создавшейся ситуации может быть проведение не только теоретических, но и экспериментальных исследований таких сооружений для выполнения ПОН и анализа возможной работы при ремонте или замене технологического оборудования (ленточных транспортеров). В

спеціальних дослідженнях [3] рекомендується в процесі проведення робіт по діагностиці складати спеціальний динамічний паспорт для такого типу споруджень.

В якості прикладу, що підтверджує необхідність виконання таких робіт, можна привести деякі результати віброиспытаний транспортної галереї під транспортери У3 і У4 Макеєвського коксохімічного заводу. В даній публікації не ставилась задача відобразити всі особливості роботи саме цього спорудження, а проілюструвати проблему забезпечення достовірних результатів реального поведіння спорудження при впливі експлуатаційних навантажень.

Галерея представляє собою шестипролетне спорудження. Встановлено два транспортери, що працюють як окремо, так і спільно. Загальна довжина галереї – 97,72 метри, висота транспортування продукту – 35 метри. Загальний вигляд галереї представлено на рис. 1.

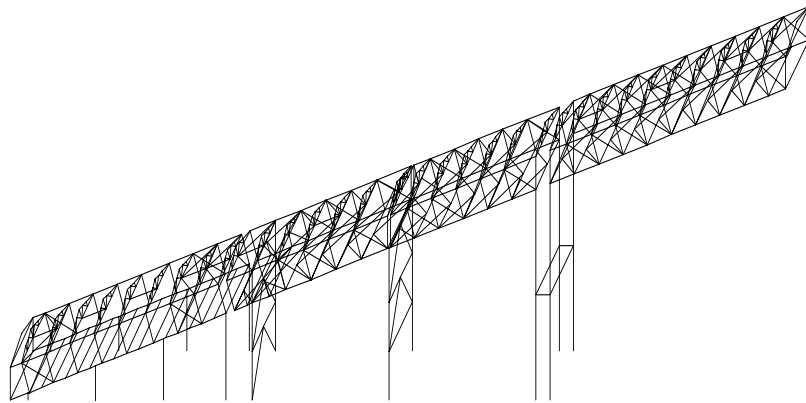


Рис. 1. Загальний вигляд розрахункової схеми транспортної галереї У3-У4

На першому етапі було проведено динамічний розрахунок галереї як єдиної системи на вплив вертикальних навантажень: без транспортуваного продукту – власні коливання, з одним і двома працюючими транспортерами. Розрахунок виконувався з допомогою програмного комплексу SCAD по просторовій розрахунковій схемі. В результаті розрахунку були визначені перші три форми власних коливань при транспортуванні вантажу по двом транспортерам одночасно:

- перша форма власних коливань (частота 0,267 Гц) спорудження відповідає поступальному руху 4-го і 5-го пролетів галереї в площині спорудження;

- вторая форма собственных колебаний (частота 0,287 Гц) соответствовала поступательному движению части сооружения преимущественно с 1-го по 3-й пролеты из плоскости ферм;
- третья форма собственных колебаний (частота 0,497 Гц) соответствовала движению по синусоиде части сооружения преимущественно 4-го и 5-го пролетов из плоскости ферм.

Учитывая сложность сооружения, было проведено членение его на отдельные независимые блоки. После этого для каждого из блоков также были проведены расчеты на динамические воздействия. Так, например, для шестого пролета (30,537 м) были получены следующие формы трех низших форм собственных колебаний (груз находится на двух транспортерах):

- первая форма собственных колебаний (частота 1,032 Гц) сооружения соответствовала поступательному движению пролета галереи из плоскости сооружения;
- вторая форма собственных колебаний (частота 1,9897 Гц) соответствовала движению по синусоиде в плоскости пролета галереи;
- третья форма собственных колебаний (частота 2,16 Гц) соответствовала изгибно-крутильной форме в плоскости пролета.

Как видно, результаты теоретических расчетов имеют принципиальные отличия и по значениям, и по форме колебаний. Аналогичное несоответствие между расчетом сооружения как единого целого и его отдельных частей было выявлено и для других пролетов. Таким образом, открытым остается вопрос: какие результаты теоретических расчетов являются правильными и соответствуют ли они реальному поведению сооружения.

Были проведены динамические испытания галереи с помощью анализатора спектра вибрации 795 М. Производилось измерение параметров: виброперемещение, виброскорость и виброускорение. Вибрационные данные собирались с помощью датчика, установленного на магните. При этом была использована функция взвешивания Ханнига, спектр БПФ вычислялся при разрешении 1600 линий в частотном диапазоне $2 \div 10000$ Гц и динамическом диапазоне СКЗ $0,01 \div 500$ м/с². Погрешность определения амплитуды гармонической составляющей спектра не более 1,5 дБ.

Данные сохранялись в памяти прибора, а затем обрабатывались на персональном компьютере с помощью программы КонСпект (версия БД 3.6). Испытания проводились для четвертого, пятого и шестого пролетов галереи при следующих режимах работы транспортера:

- транспортеры выключены;
- работает один транспортер;
- работают оба транспортера.

При этом измерения проводились в двух точках: на опоре и посередине каждого пролета. Датчики устанавливались в плоскости и из плоскости несущих ферм галереи. Каждое измерение выполнялось двух видов: спектральный анализ сигнала вибрации – частотная область (производилось определение амплитудно-частотных характеристик – АЧХ) и анализ формы сигнала вибрации – временная область.

Экспериментальные значения частот собственных колебаний в плоскости и из плоскости сооружения серьезно не отличались и составили приблизительно (2,15÷2,53) Гц (первая форма). Как видно, существует серьезное расхождение с теоретическими расчетами, что можно объяснить неучетом в расчетной схеме отдельных сосредоточенных масс кровли, конструкций пола и стоек-опор с роликоопорами транспортеров.

АЧХ для шестого пролета при двух работающих транспортерах (в плоскости и из плоскости сооружения) показаны на рис. 2 а,б,в. При этом проводился анализ формы сигнала вибрации для возможного определения резонансов и определение АЧХ.

Данные эксперимента, представляющие реальные значения форм собственных колебаний галереи, отличаются от теоретических значений.

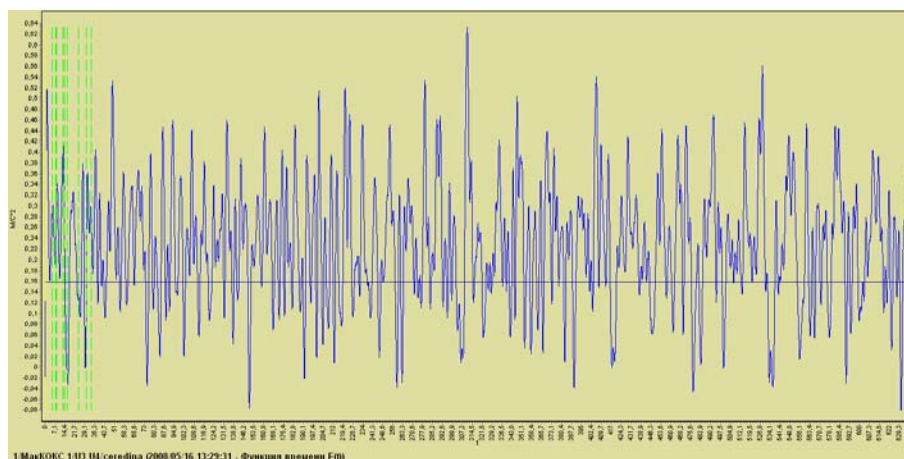


Рис. 2а. Анализ формы сигнала вибрации пролетной части при работе одного транспортера

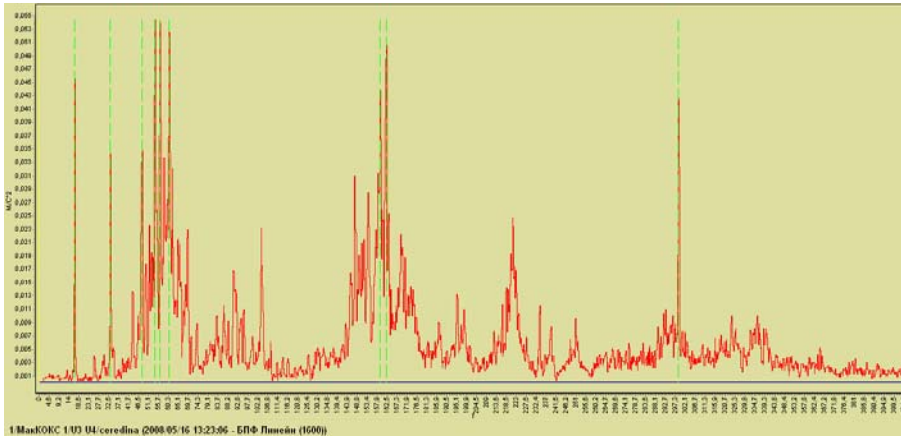


Рис. 26. Анализ АЧХ из плоскости фермы посередине пролета галереи при работе одного транспортера (частота первой формы – 55,7 Гц, второй – 88,2 Гц, третьей – 157,9Гц)

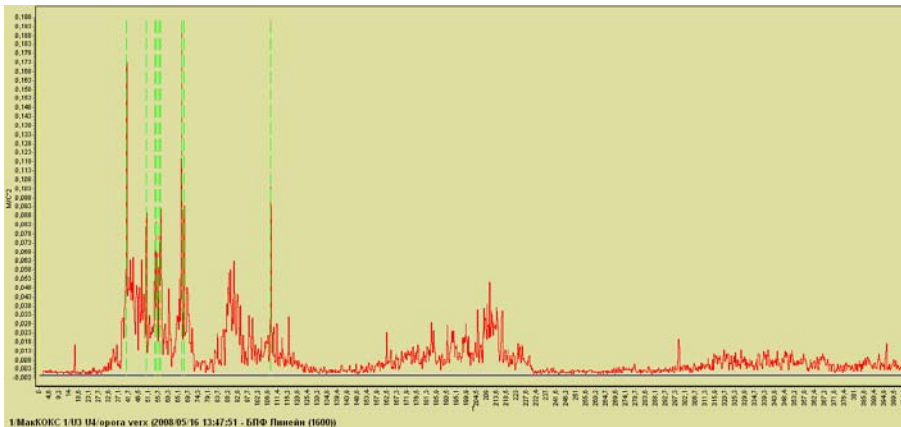


Рис. 27. Анализ АЧХ в плоскости фермы на опоре галереи при работе одного транспортера (частота первой формы – 51,1 Гц, второй – 92,8 Гц, третьей – 106,8Гц)

Выводы

1. Результаты теоретических расчетов на динамические нагрузки для транспортерных галерей могут рассматриваться как предварительная информация для выбора их конструктивной схемы и технологического оборудования.