

результатов, как показали численные эксперименты на ЭВМ, достаточно использовать до трёх членов ряда.

Следует подчеркнуть, что широкий комплекс исследований составных слоистых сжато-изогнутых систем, в том числе выходящих за рамки данной работы [5], показал, что форма местной потери устойчивости их элементами “в большом” характерна и фактически чаще является определяющей, чем это учитывалось до настоящего времени.

Для проверки предложенных выше расчётных формул были проведены статические испытания на сжатие с изгибом серии натурных образцов панелей, размерами в плане 2870х560 мм. Образцы состояли из стального профилированного листа Н75-750-0,8 и прикрепленного к нему на болтах листа фанеры толщиной 4 мм. Принятый шаг дискретных связей соответствовал расчётной схеме (рис. 16).

Для проведения испытаний натурных образцов несущей многослойной панели на сжатие с изгибом была изготовлена специальная траверса для передачи сжимающей нагрузки с эксцентриситетом. Испытания натурных образцов производились в Научно-техническом центре Министерства архитектуры РБ (г. Брест). Загружение натурных образцов выполнялось ступенями до 100 кг до исчерпания несущей способности.

Проведенные экспериментальные исследования позволили выявить характер работы конструкции при сжатии с изгибом. По результатам данных испытаний были построены графики зависимости стрелы прогиба панели в целом и подкрепляющего элемента от величины приложенной нагрузки (рис. 3).

УДК 624.131

**Федоров В.Г., Климук А.М.**

## ВИБРОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАМЫВНЫХ И НАСЫПНЫХ ГРУНТОВ

Намывные и насыпные грунты оснований, как и другие виды грунтов, под действием динамических нагрузок проявляют упругие свойства. Динамические нагрузки, возникающие при работе машин и механизмов, представляют собой неуравновешенные силы инерции, которые могут быть пульсирующими, ударными или периодически изменяющимися во времени. Вследствие этого возникают вынужденные колебания фундамента на грунтовом основании, которые могут распространяться на значительные расстояния.

При расчете фундаментов под машины с динамическими нагрузками основным критерием достаточности принятых размеров фундамента является допустимая величина амплитуды колебаний. Амплитуда колебаний фундамента при неизменной возмущающей силе зависит от его размеров и динамических характеристик основания. Динамические свойства основания характеризуются коэффициентом упругого равномерного сжатия и коэффициентом относительного демпфирования - так называемыми упругими и демпфирующими характеристиками. Так как коэффициенты упругого равномерного сжатия и относительного демпфирования представляют собой обобщенные характеристики основания и зависят не только от упругих и демпфирующих свойств грунтов, но и от вида и структуры грунтов, размеров и формы подошвы фундамента, то в ответственных случаях в соответствии с [1] их рекомендуется определять по результатам полевых испытаний.

*Федоров Владислав Германович. К.т.н., профессор каф. оснований фундаментов, инженерной геологии и геодезии, ректор Брестского государственного технического университета.*

*Климук Анатолий Михайлович. К.т.н., доцент каф. оснований фундаментов, инженерной геологии и геодезии Брестского государственного технического университета. Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская 267.*

### ВЫВОДЫ

1. Натурные исследования показали, что несущая способность рассматриваемой несущей многослойной панели определяется местной потерей устойчивости подкрепляющего элемента.
2. Местная потеря устойчивости подкрепляющего элемента “в большом” произошла при нагрузке 0,16 кН/см, что близко к теоретическому значению критического усилия (рис. 2).
3. Следовательно, предлагаемая методика расчёта сжато-изогнутых несущих многослойных панелей может быть использована в инженерных расчётах с использованием ЭВМ для определения несущей способности рассматриваемых конструкций.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Черноиван Н.В. Многослойная несущая стеновая панель для жилых зданий// «Вестник БПИ – Строительство и архитектура», 2000. – №1. – С. 73...74.
2. Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластинки. – М.: Стройиздат, 1986. – С. 261.
3. Тамплон Ф.Ф. Металлические ограждающие конструкции. – Л.: Стройиздат, 1988. – 248 с.
4. Уманский А.А. Строительная механика самолета. – М., 1961. – С. 84...87.
5. Расс Ф.В. Устойчивость “в большом” внешнего слоя внецентренно сжатого трехслойного стержня// Механика композитных материалов. – Рига, 1996. – С. 525...530.

крепления различных измерительных датчиков и электродинамического эксцентрикового возбудителя, жёстко соединённых в единое целое четырьмя шпильками. На нижней части на четырёх стальных пружинах, укрепленных в стаканах со шпильками, располагается верхняя часть, представляющая собой набор грузов для создания виброизолированной статической нагрузки на основание. Площадь подошвы инвентарного осесимметричного штампа составляет 0.5 м<sup>2</sup>. Пружины подобраны таким образом, чтобы частота собственных колебаний пригруза лежала ниже частоты вынужденных колебаний, то есть пружины выполняют роль виброизоляторов. Изменение массы дополнительного груза практически не сказывается на режиме вибрации штампа. Это позволяет изменять динамическую нагрузку на основание независимо от статической. Для расширения диапазонов изменения статического давления и частот колебания нижней части штампа была максимально уменьшена масса опорной плиты и вибромашины. В связи с этим опорная плита выполнена ребристой для повышения её жёсткости. Сечение плиты подобрано из условия, чтобы её прогибы составляли не более 4% от амплитуды колебаний плиты как единого целого.

Дебалансный двухвальный вибратор приводится во вращение от двух электродвигателей коллекторного типа марки УЛ-062. Вращающий момент от электродвигателей к дебалансам передаётся раздельно на каждый дебалансный вал с помощью клиноременной передачи. Это обеспечивает получение высокой скорости вращения дебалансов при сравнительно небольшой мощности электродвигателей. Для синхронизации вращения дебалансных валов во взаимно противоположных направлениях служит зубчатая пара. Кроме того, применение двух двигателей позволяет легко центрировать статические нагрузки, уменьшить высоту вибромашины и обеспечивает условия для её удобной эксплуатации.

Конструкция дебалансного двухвального синхронизированного вибратора позволяет создавать различные виды динамических нагрузок на исследуемое основание за счет различной установки дебалансов на валах.

Амплитудное значение возмущающей силы вычисляют по формуле:

$$P_z = m_0 \cdot e_0 \cdot \omega^2,$$

где  $m_0 \cdot e_0$  - статический момент четырех дебалансов, равный 0.725 Н·м;

$\omega = 2\pi f$  - круговая частота вращения дебалансов, с<sup>-1</sup>;

$f$  - частота вращения электродвигателей, с<sup>-1</sup>.

Для экспериментального исследования упругих и демпфирующих характеристик намывных и насыпных оснований используют вынужденные колебания инвентарного вибродинамического штампа, возбуждаемого дебалансным двухвальным синхронизированным вибратором, с обработкой опытных данных по модели грунтового основания Винклера-Фойгта. Для регулирования частоты вертикальных колебаний, и соответственно числа оборотов коллекторных электродвигателей вибратора, применяют разработанный для этих целей тиристорный амплитудно-импульсный регулятор числа оборотов, позволяющий регулировать частоту вращения электродвигателей в диапазоне 0.....100 гц.

Для регистрации резонансных колебаний опытного виброштампа используют комплект виброизмерительной аппаратуры ВИБ-6ТН с блоком питания Б5-47 и шлейфовым 18-канальным светолучевым осциллографом Н-117/1. Амплитуду вертикальных колебаний опытного вибродинамического штампа регистрируют датчиком вибросмещения ДВ-1СВ.

Среднее статическое давления на основание создают, нагружая вибродинамический штамп набором виброизолированных грузов и рассчитывают по формуле:

$$P = (Q + Q_1) / F_0$$

где  $Q$  - собственный вес инвентарного штампа, кН;

$Q_1$  - вес виброизолированных грузов, кН;

$F_0$  - площадь подошвы виброштампа, м<sup>2</sup>.

Динамические характеристики основания определяют по резонансным колебаниям инвентарного вибродинамического штампа при возбуждении эксцентриковым вибратором вертикальных колебаний различной частоты.

В процессе испытаний возбуждаются и регистрируются резонансные колебания вибродинамического штампа. Момент резонанса соответствует углу сдвига фаз между возмущающей силой и перемещением равному 90°.

Обработку результатов эксперимента выполняют как для системы с одной степенью свободы на основе модели грунтового основания Винклера-Фойгта, принимая коэффициенты жесткости и демпфирования независимыми от частоты возмущающей силы.

Значение коэффициентов упругого равномерного сжатия  $C_z$  и относительного демпфирования  $\xi_z$  для установившихся резонансных колебаний определяют по результатам испытаний из следующих выражений:

$$C_z = Q_0 \cdot \lambda_{zp}^2 / (F_0 \cdot g);$$

$$\xi_z = m_0 \cdot e_0 / (2 \cdot Q_0 \cdot A_{zp}),$$

где  $Q_0 = 22$  кН - вес инвентарного штампа с пригрузом;

$F_0 = 0.5$  м<sup>2</sup> - площадь подошвы инвентарного штампа;

$m_0 \cdot e_0 = 0.725 \cdot 10^3$  кН·м - момент дебалансов вибратора;

$\lambda_{zp}$  - частота резонансных вертикальных колебаний инвентарного штампа, с<sup>-1</sup>;

$A_{zp}$  - амплитуда вертикальных колебаний инвентарного штампа, м;

$g = 9.81$  м/с<sup>2</sup> - ускорение свободного падения.

Для определения амплитуды вертикальных резонансных колебаний виброштампа на осциллограмме измеряют отклонение светового луча осциллографа относительно нулевой линии и по градуировочному графику определяют действительную амплитуду колебаний.

Частоту резонансных колебаний по возможности следует принимать равной частоте вынужденных колебаний проектируемого фундамента.

При проведении испытаний намывных и насыпных грунтов среднее статическое давление под подошвой виброштампа рекомендуется принимать равным среднему статическому давлению под подошвой проектируемого фундамента, путем установки на опорную плиту виброштампа соответствующего количества плит пригруза.

Таким образом, применение виброштамповых исследований позволяет наиболее достоверно определять динамические характеристики намывных и насыпных оснований и проектировать более экономичные и рациональные конструкции фундаментов под машины и механизмы с динамическими нагрузками.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП II-19-79. "Фундаменты машин с динамическими нагрузками". - М: Стройиздат., 1980.