

Г.Ц.Погосян,
Н.В.Пирумян,
М.Г. Погосян,
З.Г. Мурадян

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ВАНТОВЫХ ФЕРМ

Рассмотрены особенности поведения круглого в плане висячего покрытия из двухпоясных, радиально расположенных вантовых ферм при прохождении сейсмической волны по основанию сооружения, когда опоры колеблются в вертикальной плоскости в одной и противоположных фазах с симметричными и несимметричными формами колебаний. Предложено выражение для определения усилия в поясе вантовой фермы с учетом сейсмического воздействия.

Ключевые слова: вантовые фермы, сейсмическая волна, вертикальные колебания.

Как известно, среди многообразия большепролетных висячих покрытий одним из наиболее рациональных являются двухпоясные преднапряженные вантовые фермы с замкнутым одним или двумя кольцевыми опорными контурами, устроенными в уровне покрытия, с радиальным расположением вант. Каждая вантовая ферма состоит из напрягающего (стабилизирующего) троса, соединенного с несущим тросом подвесками и (или) стойками (рис.1).

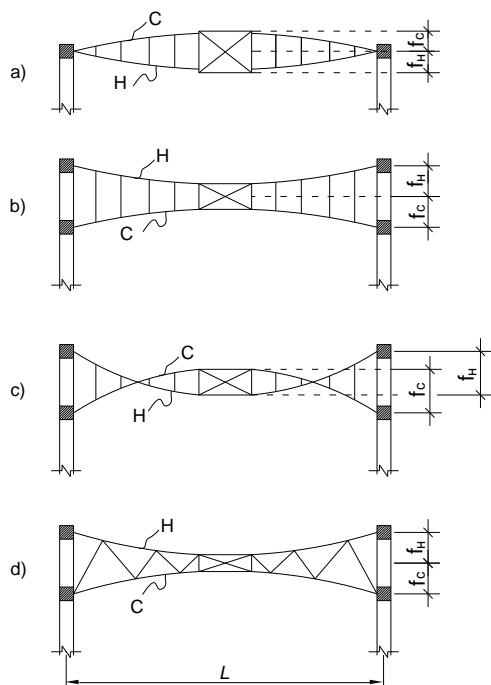


Рис.1. Схемы двухпоясных вантовых ферм.
H-несущий пояс, C-стабилизирующий пояс,
 f_c и f_H - стрелы провисания стабилизирующего и
несущего поясов, L-пролет покрытия.

От временной вертикальной нагрузки стабилизирующий пояс может выключиться из работы раньше, чем несущая способность несущего пояса достигнет предельного состояния. Если ферма устраивается по схемам b,d (рис.1), то она в предельном состоянии может приобрести повышенную деформативность, однако прочность покрытия от этого не уменьшится. Если же ферма устроена по схемам a,c (рис.1), то в результате выключения стабилизирующего троса может наступить нежелательное расстройство кровли. В этом случае стабилизирующий пояс следует напрягать так, чтобы его выключение из работы произошло одновременно с достижением предельного состояния в несущем поясе. Обычно величина предварительного натяжения принимается с таким расчетом, чтобы при полной расчетной нагрузке в стабилизирующем поясе оставалось усилие, равное 10 ÷ 15 % полной расчетной нагрузки [1,2].

Пролеты висячих покрытий могут быть соизмеримы с длинами λ сейсмических волн. Если учесть время, необходимое для прохождения волной расстояния между опорами покрытия, то фазы движения опор могут быть взаимно сдвинуты по времени.

Рассмотрим передачу при землетрясении колебания основания сооружению с радиальным расположением вантовых ферм. Для упрощения примем, что центральное кольцо маленькое, поэтому его размером и массой можно пренебречь, и что все покрытие загружено равномерно распределенной нагрузкой. Жесткостью межвантового заполнения в кольцевом направлении и деформативностью опорного контура в горизонтальной плоскости также можно пренебречь. Опоры можно принять жесткими в вертикальном направлении, точно повторяющими перемещения основания.

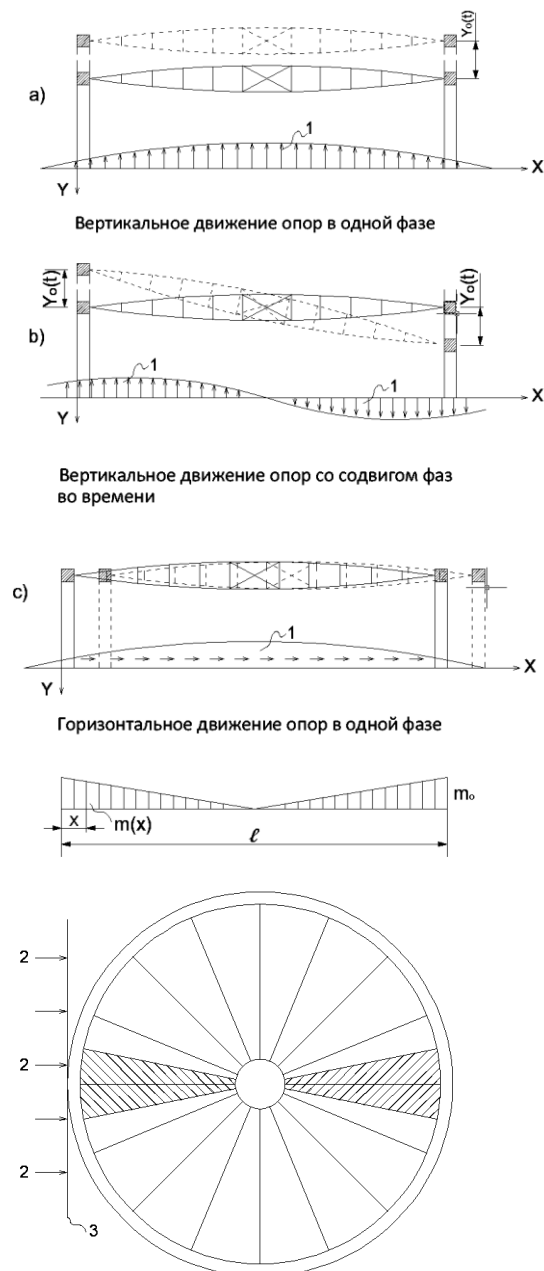


Рис.2. Схемы воздействия бегущей волны на здание
1-направление ускорений
2-направление движения волны
3-фронт волны; ℓ - пролет покрытия

Масса покрытия будет переменной по длине вантовой фермы, изменяясь по линейному закону (рис.2). При колебании опор наряду со статической нагрузкой $q(x)$ возникнет также инерционная нагрузка. Сейсмическая волна длиной λ , проходя под опорами покрытия, будет вызывать воздействия, представленные на рис.2. Так как бегущая волна может подходить к зданию с любой стороны, то благодаря осевой симметрии покрытия и нагрузки, всегда какая-нибудь одна вантовая ферма окажется максимально загруженной. Поэтому можно ограничиться рассмотрением только этой, наиболее загруженной вантовой фермы. Движение грунта в вертикальной плоскости может вызвать колебания опор, направленные в одну и ту же сторону (рис.2а), либо в противоположные стороны (рис.2б).

Когда длина сейсмической волны намного больше пролета ℓ сооружения, т.е. при отношении $\frac{\ell}{\lambda} \approx 0$, основания всех опор колеблются в одной фазе (рис.2а), сдвига фаз в движении опор нет и все покрытие получает симметричное нагружение инерционными силами, что вызовет симметричную форму колебания.

Когда длина сейсмической полуволны близка к величине пролета, т.е. при отношении $\frac{\ell}{\lambda} \approx 0,5$; фаза движения левой опоры сооружения сдвинута на угол π по сравнению с правой опорой (рис.2б), и все покрытие получает кососимметричное нагружение инерционными силами, что вызовет несимметричную форму колебания.

Перемещение грунта в горизонтальной плоскости вызовет у покрытия только деформацию опор, а само покрытие в силу своей пологости практически

не деформируется. При этом, когда длина сейсмической волны близка величине пролета, т.е. при отношении $\frac{\ell}{\lambda} \approx 1$ (рис.2с) также может быть сдвиг фаз движения оснований опор. Но этот случай загрузки покрытия инерционными силами будет менее опасен, чем случай при движении опор в одной фазе.

При перемещении опор в вертикальной плоскости без сдвига фазы полная инерционная нагрузка, переменная по длине пояса фермы за счет переменного распределения массы по пролету, может быть представлена следующим образом:

$$q(x,t) = -m(x) \cdot y_0''(x,t) = -y''(x,t) \cdot m_0(1 - \frac{2x}{l}) \text{ при } 0 \leq x \leq \frac{l}{2}, \quad (1)$$

$$q(x,t) = -m(x) \cdot y_0''(x,t) = -y''(x,t) \cdot m_0(\frac{2x}{l} - 1) \text{ при } \frac{l}{2} \leq x \leq l, \quad (2)$$

где $y_0''(x,t)$ - переносное перемещение любой точки покрытия от перемещения опор,

$y''(x,t)$ - ускорение переносного перемещения.

При перемещении опор в вертикальной плоскости со сдвигом фаз на угол π полная инерционная нагрузка также переменна по длине пояса фермы, но уже не только за счет переменного распределения массы по поясу фермы, но и переменных ускорения и перемещения по пролету покрытия, вызываемым ускорением, которое сообщается грунтом через опоры. В этом случае полная инерционная нагрузка может быть представлена следующим образом:

$$q(x,t) = -m(x) \cdot y_0''(x,t) = -y_0''(x,t) \cdot m_0(1 - \frac{2x}{l})(1 - \frac{2x}{l}) \text{ при } 0 \leq x \leq \frac{l}{2}, \quad (3)$$

$$q(x,t) = -m(x) \cdot y_0''(x,t) = -y_0''(x,t) \cdot m_0(\frac{2x}{l} - 1)(\frac{2x}{l} - 1) \text{ при } \frac{l}{2} \leq x \leq l. \quad (4)$$

Суммарная вертикальная нагрузка на ферму будет:

$$q(x) = q_0(x) + q(x,t), \text{ где } q_0(x) - \text{погонная статическая нагрузка.}$$

Для определения усилия N в несущем поясе от суммарного воздействия статической и инерционной нагрузок можно воспользоваться уравнением [3]:

$$N^3 + \left[\frac{EA}{2lN_0^2} \int_0^l Q_0^2(x)dx - N_0 \right] N^2 - \frac{EA}{2l} \int_0^l Q^2(x)dx = 0, \quad (5)$$

где N_0 - начальное усилие в поясе от статической нагрузки, E - модуль упругости ваны,

A - площадь поперечного сечения ваны, l - пролет фермы, $Q_0(x)$ - балочная поперечная сила от статической нагрузки, $Q(x)$ - балочная поперечная сила от суммарной нагрузки.

Հ.Յ. Պողոսյան ,
Ն.Վ. Փիրումյան,
Մ.Հ. Պողոսյան,
Զ.Գ. Մուրադյան

ՎԱՆՏԱՅԻՆ ՖԵՐՄԱՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՄԱՆ ՈՐՈՇ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Քննարկվել են երկգոտի, ճառագայթաձև տեղաբաշխված վանտային ֆերմաներից կախված շրջանաձև հատակագծով ծածկերի աշխատանքի առանձնահատկությունները՝ կառույցի հիմքով սեյսմիկ ալիքի անցման դեպքում, երբ հենարանները տատանվում են ուղղահայաց հարթության մեջ սիմետրիկ և ոչ սիմետրիկ տեսքերի տատանումներով միևնույն և հակադարձ փուլերում: Հաշվի առնելով սեյսմիկ ազդեցությունները՝ առաջադրվել է արտահայտություն վանտային ֆերմայի գոտում լարումները հաշվարկելու համար:

Առանցքային բառեր. վանտային ֆերմաներ, սեյսմիկ ալիք, ուղղահայաց տատանում:

H.Ts. Poghosyan,
N.V. Pirumyan,
M.H. Poghosyan,
Z.G. Muradyan

SOME FEATURES OF CABLE-STAYED FARMS CALCULATION

The features of the round in terms of coverage of the two hanging belt, radial cable-stayed farms located at passage of seismic waves on the basis of structures are observed, when the supports fluctuate in one vertical plane and opposite phases with symmetric and asymmetric waveforms. An expression for determining effort in the zone of cabling farm with the seismic influence is proposed.

Keywords: cable-stayed farms, earthquake wave, bouncing.

Работа осуществлена в рамках программы "Выявление, уточнение, разработка предложений и рекомендаций по внедрению путей устойчивого развития архитектурного и строительного комплексов РА с применением постоянного мониторинга", по базовому финансированию из госбюджета РА научной и научно-технической деятельности.

Լիտերատուրա

1. Ржаницын А.Р. Статика и динамика пологой упругой нити. М., 1962. 196с.
2. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Динамический расчет висячих конструкций. М.: Госстройиздат, 1966. 84с.
3. Качурин В.К. Теория висячих систем. М.: Госстройиздат, 1962. 224с.

Պողոսյան Հրանտ Ցուլակի, տ.գ.թ. դոցենտ (ՀՀ, ք.Երևան) – ԵՃՇՊՀ, Շինարարական կոնստրուկցիաների ամբիոն, հեռ.բջ. (077)942104; Փիրումյան Նարինե Վիլիկի, տ.գ.թ. (ՀՀ, ք. Երևան)- ԵՃՇՊՀ, Գիտահետազոտական սեկտոր, գիտ. քարտուղար, (010)580541; e-mail: science@ysuac.am; Պողոսյան Մարինա Հրանտի (ՀՀ, ք.Երևան) – ԵՃՇՊՀ, Ճարտարապետության տեսության, պատմաճարտարապետական ժառանգության վերականգնման և վերակառուցման, գեղեցիկ արվեստի և պատմության ամբիոն, լաբորանտ, բջջ. (093) 966068, e-mail: mar30@rambler.ru; Մուրադյան Զարուհի Գուրգենի (ՀՀ, ք.Երևան) – ԵՃՇՊՀ, Ակադեմիկոս Ալ. Թամանյանի անվ.

ճարտարապետության և շինարարության պրոբլեմային լաբորատորիա, գիտաշխատող, հեռ. (010) 580541, e-mail: science@ysuac.am

Погосян Грант Цолакович к.т.н. доцент (РА г.Ереван) – ЕГУАС, кафедра “Строительные конструкции”, тел. моб. (077) 942104; **Пирумян Нарине Виликовна, к.т.н.**(РА, г.Ереван)- ЕГУАС, Научно-исследовательский сектор, ученый секретарь, тел.:(010)580541, e-mail: science@ysuac.am; **Погосян Марина Грантовна** (РА г.Ереван) – ЕГУАС, кафедра “Теория архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия, изящных искусств и истории”, моб. (093)966068, e-mail: mar30@rambler.ru; **Мурадян Заруи Гургеновна** (РА г.Ереван) – ЕГУАС, Пробл. лаб. архитектуры и строительства им. Ал. Таманяна, научный сотрудник, тел. (010) 580541, e-mail: science@ysuac.am.

Poghosyan Hrant Tsolak, Doctor of Philosophy (Ph.D) in Engineering, Associate Professor, (RA, Yerevan) – YSUAC, Department of structural design, cell phone: (077) 942104; **Pirumyan Narine Vilik, doctor of Philosophy (Ph.D) in Engineering** (RA,Yerevan)-YSUAC, Scientific Research Sector, scientific secretary, Phone:(010)580541; e-mail: science@ysuac.am; **Poghosyan Marina Hrant** (RA, Yerevan), YSUAC, Chair of Theory of Architecture, Reconstruction and Restoration of Historical and Architectural Heritage, Fine Arts and History, cell phone: (093)966068, e-mail: mar30@rambler.ru; **Muradyan Zaruhi Gurgen** (RA, Yerevan), YSUAC, Problem Laboratory of Architecture and Construction after Al. Tamanyan, scientific worker, phone: (010) 580541, e-mail: science@ysuac.am.

Ներկայացվել է՝ 07.11.2012թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 03.12.2012թ.