

ставляет изолировать антропогенный водный цикл от природного. Практически это означает переход на замкнутое водоснабжение, на маловодную или малоотходную, а затем на «сухую» или безотходную технологию, сопровождающуюся резким уменьшением объемов потребления воды и очищенных сточных вод.

Проблема антропогенного воздействия на окружающую среду сложна и многогранна, она имеет глобальный характер. Но решать ее нужно на трех уровнях: государственном, региональном и глобальном.

На первом уровне каждая страна должна решать свои экологические проблемы. На региональном уровне соседние страны должны осуществлять совместные мероприятия, имеющие общие природоохранные цели. На глобальном уровне необходимо объединить усилия всех стран мирового сообщества.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волчек, А.А. Антропогенное воздействие на водные ресурсы рек / А.А. Волчек, В.В. Лукша // Материалы международной конференции «Природное асыроддзе Палесся: сучасны стан і яго змены» / ОПП НАН Беларуси. – Брест, 2002. – Т.1. – С. 177-182.
2. Масловский, О. Экологические проблемы Беларуси / О. Масловский, Е. Ярошевич. – Мн.: Тэхналогія, 2001. – 74 с.
3. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 2008 г. – Мн.: Минсктиппроект, 2009. – 284 с.
4. Шведовский, П.В. Особенности оценки и учета неопределенностей техногенных изменений экосистем и биосферных ресурсов при природообустройстве / П.В. Шведовский, А.А. Волчек, Д.В. Шведовская. Сборник трудов МНТК «Проблемы водоснабжения, водоотведения и энергосбережения в Западном регионе Республики Беларусь». – Брест: БрГТУ. – 2010. – С. 36-40.

УДК 624.01

*Семенюк О.С.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Игнатюк В.И.*

### О СТАТИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ ОДНОПРОЛЕТНЫХ ОДНОЭТАЖНЫХ РАМ НА ВЕТРОВЫЕ НАГРУЗКИ

Рассматривается однопролетная одноэтажная рама, состоящая из двух стоек постоянного сечения ( $EJ = const$ ), заземленных внизу, на которые шарнирно опирается сегментная ферма кругового очертания, представляемая на расчетной схеме рамы в виде затяжки (рис. 1). Рама загружается ветровой нагрузкой, погонная величина которой до определенной высоты будет постоянной (равномерно распределенные нагрузки напора и отсоса  $q_1$  и  $q_3$ ), а выше будет изменяться по трапециевидальному закону – напор от  $q_1$  до  $q_2$ , отсос от  $q_3$  и  $q_n$  (рис. 1). На круговое покрытие (сегментными фермами) небольшой высоты ( $h_p / \ell = 1/6...1/7$ ) ветровая нагрузка будет создавать [1] откос с обеих сторон, который может быть приведен к узловым силам в местах опирания ферм. Вертикальные составляющие этих сил будут вызывать только сжатие в стойках, поэтому здесь рассматриваться не будут. Горизонтальные составляющие их обозначим  $F_1$  и  $F_2$  (рис. 1).

Расчет рамы выполним методом сил [2]. Зависимости получим в общем виде, что позволит их использовать для расчета подобных рам различных размеров. Система имеет

одну лишнюю связь, и основную систему метода сил получим разрезанием затяжки, обозначив в качестве неизвестного продольное усилие в затяжке  $F_x$ . Каноническое уравнение метода сил имеет вид

$$\delta_{11} F_x + \Delta_{1p} = 0 \quad (1)$$

Единичная эпюра и грузовые эпюры изгибающих моментов отдельно от распределенных нагрузок и силы  $F_1$  (на основе принципа независимости действия сил) на левой стойке показаны на рис. 2. На правой стойке эти эпюры легко получаются из представленных для левой стойки.

Единичное перемещение по направлению силы  $F_x$  будет равно

$$\delta_{11} = \sum \int \frac{M_1^2 dx}{EJ} = \frac{2h^3}{3EJ} \quad (2)$$

Для вычисления грузового коэффициента вначале найдем для левой стойки ординаты грузовой эпюры изгибающих моментов от действия внешних нагрузок в четырех сечениях (рис. 2, б, в), чтобы можно было использовать для вычисления интегралов Мора формулу Симпсона [2]:

$$\begin{aligned} M_{p1} &= \left( \frac{q_1 + q_2}{2} \cdot \frac{h_2}{2} \right) \cdot \frac{h_2}{4} + \left[ \frac{1}{2} (q_2 - q_1) \frac{1}{2} \frac{h_2}{2} \right] \cdot \frac{2}{3} \frac{h_2}{2} - F_1 \frac{h_2}{2} = \frac{h_2^2}{48} (q_1 + 5q_2) - \frac{1}{2} F_1 h_2; \\ M_{p2} &= \frac{1}{2} q_1 h_2^2 + \left[ \frac{1}{2} (q_2 - q_1) h_2 \right] \cdot \frac{2}{3} h_2 - F_1 h_2 = \frac{h_2^2}{6} (q_1 + 2q_2) - F_1 h_2; \\ M_{p3} &= \frac{1}{2} q_1 \left( \frac{1}{2} h_1 + h_2 \right)^2 + \left[ \frac{1}{2} (q_2 - q_1) h_2 \right] \left( \frac{2}{3} h_2 + \frac{1}{2} h_1 \right) - F_1 \left( \frac{h_1}{2} + h_2 \right) = \\ &= \frac{h_2^2}{6} (q_1 + 2q_2) + \frac{h_1 h_2}{4} (q_1 + q_2) + \frac{1}{2} h_1^2 q_1 - \frac{1}{2} F_1 (h_1 + h_2); \\ M_{p4} &= (q_1 \cdot h) \frac{h^2}{2} + \frac{1}{2} (q_2 - q_1) h_2 \left( h - \frac{1}{3} h_2 \right) - F_1 h = \frac{1}{2} q h^2 + \frac{h_2}{6} (q_2 - q_1) (2h + h_1) - F_1 h. \end{aligned} \quad (3)$$

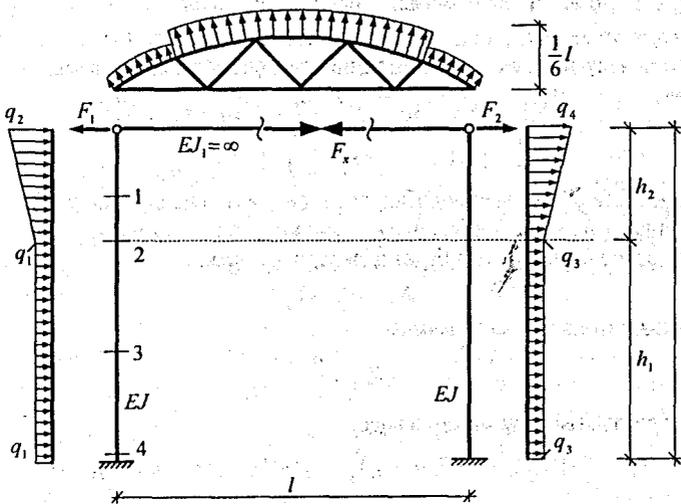


Рисунок 1 – Расчётная схема рамы

Для правой стойки выражения изгибающих моментов легко получить из представленных зависимостей, если заменить  $q_1$  на  $q_3$ ,  $q_2$  на  $q_n$ ,  $F_1$  на  $F_2$  и перед слагаемыми с силой  $F_1$  поменять знак на противоположный.

Вычисление грузового перемещения  $\Delta_{1p}$  выполним по формуле Мора с использованием формулы Симпсона

$$\Delta_{1p}^{нес} = \sum \int \frac{\overline{M}_1 M_p dx}{EJ} = \frac{h_2^2}{6EJ} (4\overline{M}_1^{(1)} \cdot M_{p1} + \overline{M}_1^{(2)} \cdot M_{p2}) + \frac{h_1}{6EJ} (4\overline{M}_1^{(2)} M_{p2} + 4\overline{M}_1^{(3)} M_{p3} + \overline{M}_1^{(4)} M_{p4})$$

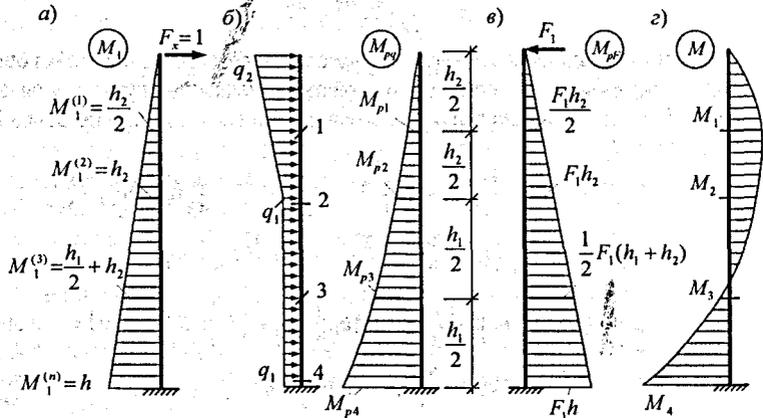


Рисунок 2 – Единичная, грузовая

Подставляя в это выражение значения ординат из единичной эпюры  $\overline{M}_1$  (рис. 2,а), зависимости для ординат грузовой эпюры изгибающих моментов (3), после несложных преобразований получим грузовое перемещение для левой половины рамы в виде

$$\Delta_{1p}^{нес} = \frac{h_2^3}{3EJ} \left[ \frac{h_2}{48} (5q_1 + 13q_2) - F_1 \right] + \frac{h_1}{6EJ} \left\{ h_2^3 (q_1 + 2q_2) + \frac{3}{4} h_1^3 q_1 + \right. \\ \left. + h_1 h_2^2 (2q_1 + 2,5q_2) + h_1^2 h_2 (2q_1 + q_2) - 2F_1 [h^2 + h_2 (h + h_2)] \right\}$$

Для правой части выражение подобно, если заменить  $q_1$  на  $q_3$ ,  $q_2$  на  $q_n$ ,  $F_1$  на  $F_2$  и поменять знак «плюс» перед слагаемыми с нагрузками  $q$  на знак «минус».

Полное грузовое перемещение будет определяться суммой

$$\Delta_{1p} = \Delta_{1p}^{нес} + \Delta_{1p}^{прс}$$

Неизвестное метода сил найдем из (1)

$$F_x = -\frac{\Delta_{1p}}{\delta_{11}}$$

и после преобразований получим его в виде:

$$F_x = \frac{h_1}{4h^3} \left\{ h_2^3 [q_3 - q_1 + 2(q_n - q_2)] + 0,75h_1^3 (q_3 - q_1) + h_1 h_2^2 [2(q_3 - q_1) + \right. \\ \left. + 2,5(q_n - q_2)] + h_1^2 h_2 [2(q_3 - q_1) + q_n - q_2] + 2(F_1 + F_2) [h^2 + h_2 (h + h_2)] \right\} +$$

$$+ \frac{h_2^3}{2h^3} \left\{ \frac{h_2}{48} h_2^2 [q_3 - q_1 + 2(q_n - q_2)] + F_1 + F_2 \right\}.$$

Выражения для вычисления значений окончательной эпюры изгибающих моментов получим согласно зависимости

$$M_i = \overline{M}_i^{(0)} \cdot F_x + M_{pi}. \quad (5)$$

Вид эпюры изгибающих моментов для рассматриваемой рамы на левой стойке показан на рис. 2, г.

**Заключение.** В общем виде получены выражения и зависимости для расчета одноэтажных рам, ригель которых имеет выпуклое криволинейное очертание, на ветровую нагрузку. Для получения зависимостей и выражений использован метод сил.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07–85 / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
2. Борисевич, А.А. Строительная механика: учебное пособие / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Мн.: БНТУ, 2009. – 756 с.

УДК 624.139.02

*Семенюк О.С.*

*Научный руководитель: доцент Чернюк В.П., доцент Семенюк С.М.*

#### ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ХОЛОДИЛЬНЫХ КАМЕР В ГРУНТЕ

**Введение.** Охлаждение и замораживание различных материалов, грунтов, продуктов и т.д. используется во многих отраслях народного хозяйства страны, в том числе для разнообразных целей в строительстве.

В строительстве это используется для улучшения разработки грунтов при производстве земляных работ; в мелиорации при отрывке каналов, осушении и обводнении территорий (мёрзлые грунты разрабатываются лучше болотистых и водонасыщенных, на мёрзлых грунтах улучшается проходимость землеройной и другой строительной техники, повышается устойчивость грунтов); в пищевой и перерабатывающей промышленности при строительстве овоще- и клубнехранилищ, холодильных установок для хранения мясных, рыбных и фруктовых изделий, а также других продуктов питания; в нефтяной и газовой промышленности при прокладке магистральных трубопроводов, строительстве линейных и нефтегазовых сооружений, при транспортировании энергоносителей (нефти и газа); в горном деле при проходке стволов шахт в слабых и плавунных грунтах, а также при строительстве жилых зданий и промышленных сооружений.

**Основная часть.** Согласно строительным нормам сохранение грунтов оснований в мёрзлом состоянии и понижение их температуры, охлаждение и замораживание могут быть обеспечены путём устройства холодных подполий, холодных первых этажей здания, укладки охлаждающих труб, прокладки вентилируемых каналов, установки ветровых, жидкостных и парожидкостных автоматически действующих охлаждающих устройств и т.п.

Охлаждающие трубы и каналы (проходные и непроходные) применяются для промышленных зданий и сооружений с повышенными нагрузками на полы, когда устройство