

зависимости от конструктивных особенностей устройства и геометрических параметров диффузорной зоны напорного полотнища, определяемых положением активной зоны интенсивного воздействия пульсаций потока.

Определены диапазоны возникновения вибрации напорного полотнища с частотой $f=2,0...2,2$ Гц (при числах $30\,000 \leq Re \leq 41\,000$ в условиях величины отношения $0,3 \leq H_{уНБ} / H_{уВБ} \leq 0,4$), сопровождающейся ростом пульсаций давления на дно водотока, положительно влияющими на процесс размыва наносных отложений.

Получены эмпирические зависимости расчета коэффициента динамичности напорного полотнища и фиктивной глубины, позволяющие осуществлять управление процессом вибрации в ходе промывки русла водотока.

1. **Иванов В. М.** Совершенствование теории и методов расчета гидродинамических воздействий за водосбросными сооружениями: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.07. – Барнаул, 2004. – 289 с.

2. **Бондаренко В. Л.** Исследования мягких плотин мембранного типа: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.07. – Новочеркасск, 1974. – 26 с.

3. **Абелев А. С.** Исследование pulsa-

ции гидродинамических нагрузок, действующих на затворы гидротехнических сооружений, и разработка некоторых практических мероприятий по борьбе с вибрацией затворов: Труды координационных совещаний по гидравлике. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – С. 117–125.

4. **Фомичев М. С., Харин Д. А.** Вибрации гидротехнических сооружений и пульсация гидродинамического давления: Труды геофизического института АН СССР. – М: Госэнергоиздат, – 1951. – Вып. 16. – С. 87–91.

5. **Петров И. А.** Применение наполняемых конструкций из синтетических материалов в гидротехническом строительстве: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.07. – Новочеркасск, 1972. – 26 с.

6. **Лемешев А. И.** К вопросу о вибрации мягких гидротехнических сооружений: Гидротехнические сооружения мелиоративных систем: Труды ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1977. – Вып. XXVIII. – С. 126–134.

Материал поступил в редакцию 13.11.12.

Чернова Дарья Анатольевна,
младший научный сотрудник
Тел. 89064162472

E-mail: chernova_darya@rambler.ru

УДК 502/504:624.014

О. В. МАРЕЕВА, А. А. ГАЙСИН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

АНАЛИЗ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ

Приведен анализ изменения напряженно-деформированного состояния элементов структурного покрытия в зависимости от изменения направления образующих ферм. Получен наиболее эффективный тип образующей решетки структурного покрытия.

Легкие металлические конструкции, пространственные сетчатые системы плоских покрытий, структурные покрытия.

There is given an analysis of the deflected mode of the structural covering elements depending on the direction change of formative frames. The most effective type of the generating grating of the structural covering is obtained.

Light metal structures, spatial meshy systems of flat coverings, structural coverings.

Поиски современных архитектурных форм большей выразительности и универсальности, образуемых на основе многократно повторяющихся элементов, привели к созданию стержневых систем нового типа, к так называемым структурам. Для удобства построения и анализа геометрических схем струк-

турных покрытий в них выделяют регулярно повторяющиеся элементы – кристаллы, которые могут иметь самые разнообразные формы. Путем наращивания и комбинирования различных кристаллов можно получать требуемые конструктивные формы покрытий.

Структуры обладают рядом преимуществ

ществ:

материал в такой системе распределяется эффективно. При действии на систему нагрузок в работу включается большое число стержней, что позволяет создавать достаточно легкие конструкции несущих покрытий;

архитекторов такие структуры привлекают многообразием рисунков кристаллической структуры, возможностью варьирования формы поверхностей в плане и разрезах зданий или, иными словами, архитектурной выразительностью;

эти конструкции, благодаря много-связности и пространственной работе, достаточно жестки, что позволяет проектировать покрытия с несущими структурными плитами примерно вдвое меньшей высоты, чем традиционные (1/16...1/25 от пролета);

регулярность структур определяет повторяемость размеров и, как следствие, максимальную унификацию стержней и узлов, что делает возможной организацию поточного высокомеханизированного производства, позволяющего существенно снизить удельные трудозатраты на изготовление;

удобство транспортирования структур, состоящих из отдельных стержней и узловых элементов, поддающихся упаковке в ящики или компактные пакеты. При компоновке конструкций из укрупненных элементов типа пирамид можно использовать «принцип матрешки», т. е. вкладывать одну в другую.

При проектировании структур возникает ряд вопросов, связанных с напряженно-деформированным состоянием. Один из таких вопросов: как направление формообразующих ферм структуры влияет на изменение напряженно-деформированного состояния металлических элементов структурного покрытия?

Авторами проведен анализ изменения характера работы элементов покрытия в зависимости от направления образующих ферм и получения наиболее эффективного типа образующей решетки структурного покрытия.

В задачу исследования входили следующие вопросы:

Как создать расчетные схемы металлического структурного покрытия с различным направлением образующих ферм?

Как рассчитать различных варианты структурных покрытий на программном комплексе LIRA-9.6?

Как провести сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния рассматриваемых вариантов покрытий?

Объекты исследования: металлические структурные покрытия, опертые по конту-

ру, размером в плане 27x15 м. Для расчета структурных плит приняты следующие условия. Опираие расчетных схем принято шарнирно-неподвижным через 3 м. Элементы конструкций рассчитаны на следующие сочетания нагрузок: постоянная нагрузка – 1,03 кН/м²; снеговая нагрузка – 0,71 кН/м². Строительная высота покрытия $h = 1,1$ м, что соответствует рекомендуемому промежутку 1/16...1/25 от пролета. В обоих вариантах решетка структуры имеет вид пирамиды с квадратным основанием 3x3 м, вершина которой направлена вниз. Различие рассматриваемых вариантов заключается в расположении элементов нижнего пояса структуры, соединяющих вершины пирамид для первого варианта по диагонали, для второго варианта ортогонально.

Структурные покрытия рассчитаны на программном комплексе LIRA-9.6, который реализует метод конечных элементов. Элементы решетки покрытия моделируются стержневыми конечными элементами пятого типа, элементы покрытия из профилированного настила – пластинчатыми элементами 41 типа. Исследование элементов структурных покрытий проводили по напряженным сечениям: 1-1, 2-2, 3-3, 4-4 (рис. 1).

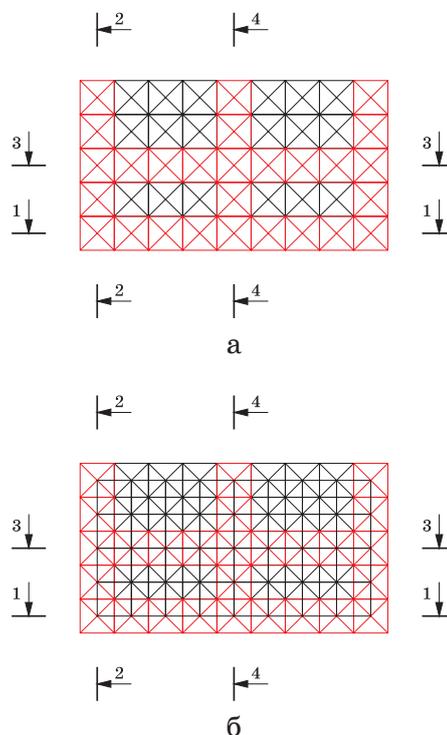


Рис. 1. Схема структурных плит с сечениями: а – первый вариант, б – второй вариант

В ходе исследования были получены значения и определен характер распределения усилий в стержневых элементах, построены

изополюса перемещений по оси Z. Анализ распределения в элементах структуры представлен в графическом виде на рисунках 2 и 3.

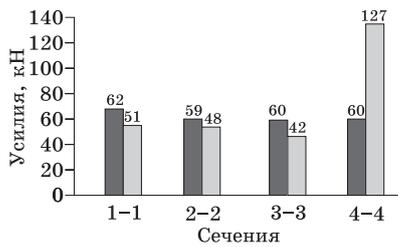


Рис. 2. Гистограмма усилий растяжения: ■ 1 вариант; □ 2 вариант

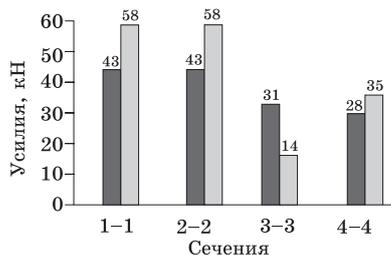


Рис. 3. Гистограмма усилий сжатия: ■ 1 вариант; □ 2 вариант

Усилия растяжения для первого варианта превышают усилия растяжения для второго варианта в сечениях 1-1, 2-2 и 3-3 на 21, 23 и 43 % соответственно и в 2 раза меньше в сечении 4-4, но более равномерно распределены по сечениям, что позволяет эффективнее использовать материал. Усилия сжатия показывают больший разброс абсолютных значений, первый вариант имеет меньшие усилия сжатия по сравнению со вторым в сечениях 1-1, 2-2, 4-4 на 26, 26 и 20 % соответственно и большее значение в сечении 3-3, что позволяет уменьшить материалоемкость первого варианта. С учетом сортамента труб и влияния гибкости для сжатых элементов представлен анализ использования прочности материала в графическом виде, в котором очевидны преимущества первого варианта (рис. 4).

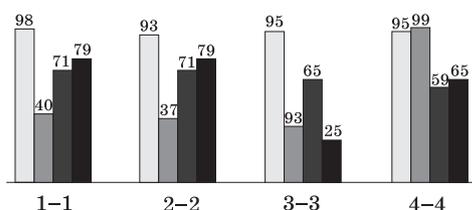


Рис. 4. Усилия растяжения – □ 1 вариант; ■ 2 вариант; усилия сжатия – ■ 1 вариант; ■ 2 вариант

Определение перемещений в сечениях по изополюсам показывает следующие значения

прогибов: в сечении 1-1 для первого варианта максимальный прогиб составил 10,7 мм, для второго варианта – 15,6 мм; в сечении 2-2 для первого варианта максимальный прогиб 15,18 мм, для второго – 15,4 мм; в сечениях 3-3 и 4-4 для первого варианта максимальный прогиб 24,6 мм, для второго – 24,5 мм. Отклонение показателей перемещений находится в пределах 2,8 %. При этом все полученные величины прогибов меньше по своей величине предельно допустимого значения $(1/250) L = 108$ мм.

В рамках исследования на предварительном этапе рассматривались варианты опирания структуры на четыре точки. В этом случае, при длине горизонтальных панелей 3 м, прогиб покрытия превышал предельно допустимый. Уменьшение горизонтальных панелей до 1,5 м увеличивает жесткость до требуемых значений, но при этом в разы возрастает количество узлов и материалоемкость покрытия в целом.

Выводы

Проведенный анализ двух конструктивных решений структурных покрытий показал, что изменение направления формообразующих ферм ведет к изменению характера распределения усилий в элементах ферм и изменению величин прогибов.

В первом варианте покрытия величины прогибов незначительно больше, чем во втором варианте, но по сравнению с максимальным допустимым значением они составляют от 10 до 23 %, что свидетельствует о запасе по прогибам в результате принятой схемы опирания по контуру с шагом 3 м.

В первом варианте процент использования прочности сжатых и растянутых сечений больше, чем во втором варианте, что свидетельствует о более экономичном использовании металлического проката.

1. Рекомендации по проектированию структурных конструкций / ЦНИИСК имени Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1984. – 303 с.

2. Металлические конструкции / В. В. Горев [и др.] – М.: Высшая школа, 2002. – Т. 2 – 528 с.

3. Легкие металлические конструкции одноэтажных зданий; под ред. И. И. Ищенко. – М.: Стройиздат, 1979. – 196 с.

Материал поступил в редакцию 18.06.12.
Мареева Ольга Викторовна, кандидат технических наук, доцент
 Тел 8 (499) 976-26-43
Гайсин Айнурут Альбертович, аспирант