

Раздел 2. Строительство

УДК 624.014

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРНОГО ПОКРЫТИЯ НАД ХАНСКИМ ДВОРЦОМ

Синцов А.В., Данченко Н.В., Синцов В.П., Митрофанов С.В.

Академия строительства и Архитектуры, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»,
адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: sin59@bk.ru

Аннотация. После перехода Крыма в состав Российской Федерации большое внимание стали уделять вопросам реставрации историко-художественных памятников, расположенных в Республике Крым. Для устранения атмосферных воздействий на реставрируемое здание главного корпуса Бахчисарайского ханского дворца возвели навес, конструктив которого выполнен из металлических труб.

Предмет исследования: При возведении навеса были допущены отклонения и отдельные дефекты в элементах конструкции структурного покрытия, поэтому возникла необходимость проведения обследования сооружения. В этой связи проведена проверка напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов конструкций навеса на расчетные нагрузки с учетом 8-ми бальной сейсмичности и выявленных отклонений, и дефектов.

Материалы и методы: ПК ЛИРА САПР, основанный на применении метода конечных элементов, позволяет получить картину распределения напряжений в элементах структурной плиты навеса. Для исследования поведения элементов структурной плиты под нагрузкой разработана пространственная компьютерная модель, составленная из стержневых конечных элементов и элементов - оболочки.

Результаты: В результате расчета на статическое и динамическое воздействие от внешних нагрузок получены - деформированные схемы перекрестно-стержневой пространственной системы структурного покрытия, произведена проверка прочности и устойчивости элементов структурной системы при действии сейсмических нагрузок. Результаты расчета представлены в виде мозаик перемещений узлов структуры, усилий в элементах структуры и процентов исчерпания запасов по 1-й и 2-й группам предельного состояния.

Выводы: Результаты исследований показали, что прочность, устойчивость металлических элементов навеса и жесткость сооружения в целом обеспечены (требования 1-ого и 2-ого предельных состояний и местной устойчивости) и удовлетворяют требованиям действующих строительных норм. Техническое состояние фундаментов, металлических четырехгранных металлических опор, капителей, стеновой металлической опоры и металлической структурной плиты типа МАРХИ в целом оценивается как работоспособное с учетом выявленных несоответствий и внесённых конструктивных изменений. Навес пригоден для эксплуатации в данной природно-климатической зоне в условиях 8-ми бальной сейсмичности и может быть введен в эксплуатацию как временное сооружение со сроком службы до 10 лет.

Ключевые слова: пространственная стержневая конструкции, структура типа МАРХИ, конечный элемент, прочность, устойчивость, местная устойчивость.

ВВЕДЕНИЕ

В ходе проведения работ по реставрации зданий и сооружений объекта культурного наследия «Ханский дворец» (XVI-XIX века) возникла острая производственная необходимость устроить над главным корпусом, который находится в центре памятника, навес.

В качестве несущей системы навеса была запроектирована и построена структурная плита типа МАРХИ, которая представляет собой структурную плиту, выполненную из трубчатых металлических элементов [9...11].

Навес имеет габаритные размеры в плане 42,0 × 45,0 м.

Опирается навес по оси 1 на три сквозные колонны и по оси 2 на четырнадцать опор, образующих пространственную конструкцию

Для отвода воды с крыши навеса над перекрестно-стержневой пространственной системой устроена система прогонов, по которым

уложен профилированный лист покрытия. Отметка конька покрытия 20,320 м.



Рис. 1. Общий вид навеса по оси 1
Fig. 1. General view along axis 1

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ НАВЕСА И ДЕФЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Конструктивная схема навеса – плоское сетчатое покрытие (структура), опирающаяся на пространственные конструкции стоек [1...4].

Пространственная неизменяемость сооружения обеспечивается многосвязностью перекрестно-стержневой пространственной системы МАРХИ, системой капителей и жестким сопряжением металлических опор с фундаментами по оси 1 [13, 14].

Исходя из назначения сооружения и согласно ГОСТ 27751-2014 табл. 4.1. – навес – временное сооружение и срок службы до 10 лет и относится к классу сооружений – КС-1 (пониженный), уровень ответственности – 3 (пониженный), коэффициент надежности по ответственности – $\gamma_p = 0,8$, что подтверждается ФЗ №384 от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [3].

Для выявления дефектов строительства и отклонений от проектных решений было проведено инструментальное обследование несущих конструкций навеса [6...9].



Рис. 2. Измерение толщины элементов стеновой панели по оси 2

Fig. 2. Measurement of thickness of wall panel elements along axis 2

В результате проведенного инструментального обследования строительных конструкций навеса было выявлено следующие дефекты строительства [11, 12]:

- Отклонения отдельно стоящих опор на фундаменте ростверке – до 38 мм, межосевое расстояние между опорами превышено на 79 мм от проектного;
- Расчетное значение сопротивления бетона фундаментов осевому сжатию соответствует классу бетона В22,5, а по проекту класс бетона принят В25;
- Отклонения элементов металлических опор

от вертикали зафиксированы в пределах от ± 25 мм до ± 125 мм;

- Отклонения опорных узловых элементов капителей структурной плиты от горизонтали зафиксированы в пределах 15...20 мм.

Для оценки влияния выявленных дефектов на прочность, деформативность и надежность навеса разработана пространственная компьютерная модель навеса, в которую были введены отклонения, выявленные при обследовании. Проверку металлических конструкций навеса на расчетные нагрузки с учетом 8-ми бальной сейсмичности провели с использованием рекомендуемого для этих целей ПК ЛИРА САПР [5].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Для исследования поведения элементов навеса под нагрузкой была разработана пространственная компьютерная модель, составленная из стержневых конечных элементов.

В результате расчета по расчетным сочетаниям нагрузок (РСН) определены максимальные напряжения в конечных элементах водонапорной башни от комплекса нагрузок.

ПК ЛИРА САПР позволяет получить картину распределения усилий и напряжений в элементах пространственной структурной конструкции [5].

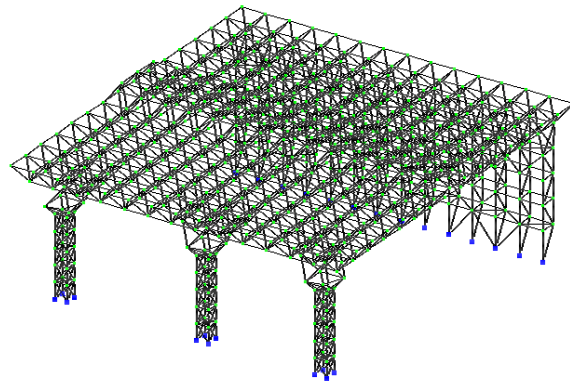


Рис.3. Расчетная схема навеса

Fig. 3. Design model

При создании перекрестно-стержневой пространственной компьютерной модели были применены конечные элементы приведенных ниже сечений.

Сквозная четырехгранная опора:

- пояса опоры – трубы $\varnothing 152$ мм;
- раскосы – трубы $\varnothing 133$ мм;
- распорки – трубы $\varnothing 51$ мм.

Стеновая стержневая панель:

- стойки панели – трубы $\varnothing 146$ мм;
- раскосы – трубы $\varnothing 127$ мм;
- распорки – трубы $\varnothing 57$ мм.

Капители над четырехгранными опорами двух типов:

- правильная пирамида – трубы \varnothing 89 мм, 102 мм, 114, мм и 127 мм (1-й тип);
- неправильная пирамида – трубы \varnothing 102 мм, 114, мм, 127 мм, 133 мм.

Перекрестно-стержневой система МАРХИ:

- кристаллы структуры – трубы \varnothing 51мм до трубы \varnothing 133 мм.

Вычисление напряжений в элементах по РСУ проводилось по алгоритму, при котором в качестве критерия для определения опасных сочетаний используются экстремальные значения напряжений в характерных точках сечений элементов.

В результате расчета на статические и динамические воздействия от внешних нагрузок получены:

- деформированные схемы навеса при различных загрузках;
- результаты проверки по 1-ому и 2-му предельным состояниям элементов навеса;
- результаты проверки напряжений и деформаций в элементах фундаментов.

Результаты расчета представлены в виде мозаик перемещений узлов и усилий в элементах структурной конструкции от действия внешних нагрузок и собственного веса элементов навеса.

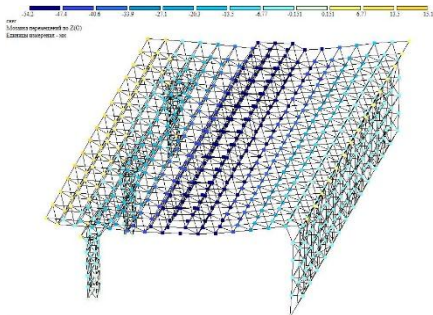


Рис.4. Деформированная схема модели навеса от снегового воздействия

Fig. 4. Deformed scheme of a canopy model from snow impact

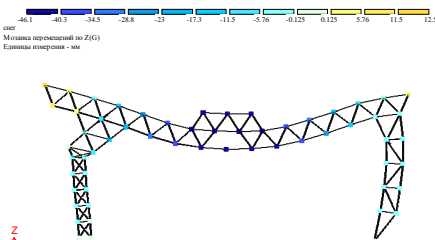


Рис.5. Деформированная схема фрагмента навеса от снегового воздействия

Fig. 5. Deformed diagram of a fragment of a canopy from snow exposure

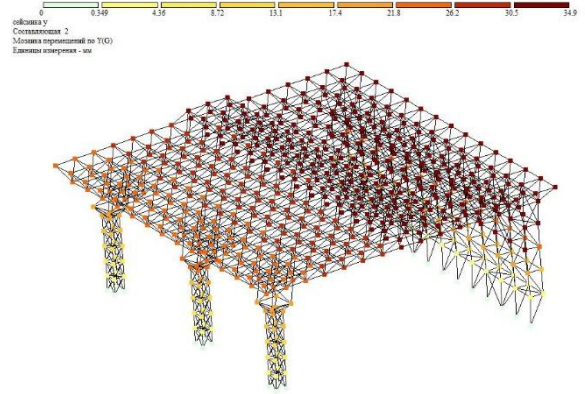


Рис. 6. Деформированная схема навеса от сейсмического воздействия

Fig. 6. Deformed canopy scheme from seismic impact

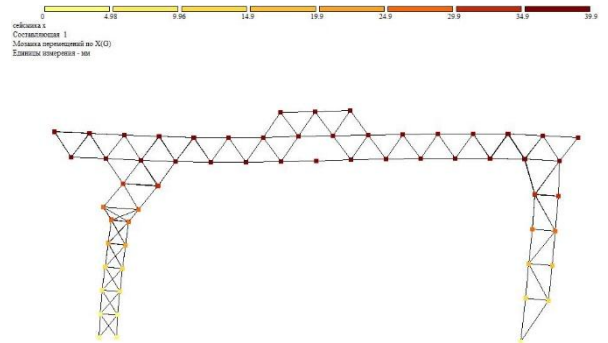


Рис. 7. Деформированная схема фрагмента навеса от сейсмического воздействия

Fig. 7. Deformed diagram of the canopy fragment from seismic impact

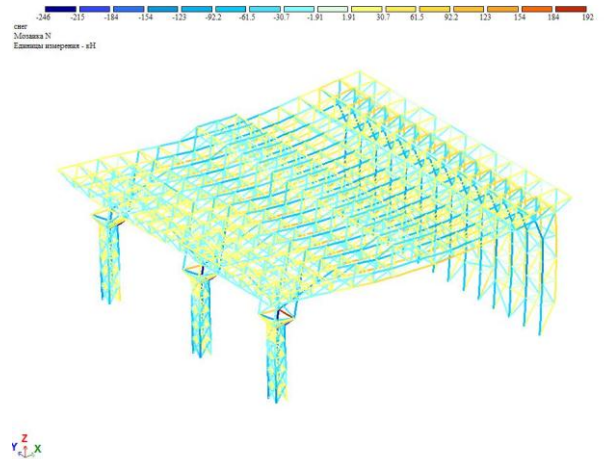


Рис. 8. Усилия в стержневых элементах навеса от снегового воздействия

Fig. 8. Forces in the core elements of the canopy from snow exposure

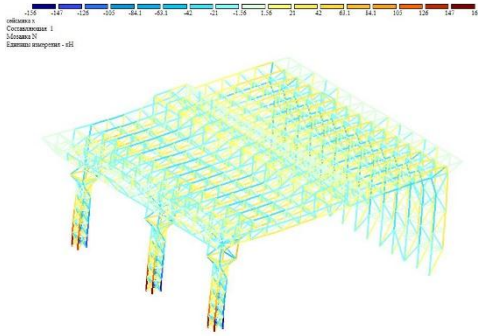


Рис. 9. Усилия в стержневых элементах навеса от сейсмического воздействия
Fig. 9. Forces in the core elements of the canopy from seismic impact

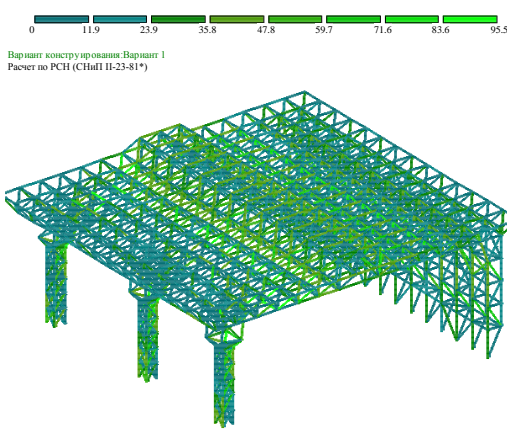


Рис. 10. Проверка элементов каркаса по 1-му предельному состоянию
Fig. 10. Checking the frame elements according to the 1st limit state

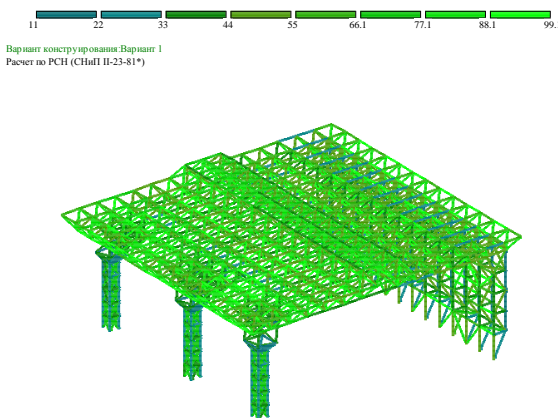


Рис. 11. Проверка элементов каркаса по 2-му предельному состоянию
Fig. 11. Checking the frame elements according to the 2nd limit state

Комбинации усилий в элементах 4-х гранных пространственных опор:

- поясах – +152,96/-128 кН;
- в распорках – +21,026/-66,1 кН;
- в раскосах – +25,90/-42,48 кН.

Результаты проверки с процентами исчерпания несущей способности наиболее напряженных элементов:

- пояс 4-х гранной опоры

Сечение	1.4.4.4 Труба 133 x 4				
Профиль	133 x 4; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	20; ГОСТ 3731-74*				
Сортамент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.YI	уст.отн.ZI	F1 мин.	уст.стенки	уст.полос
35.1	39.8	39.8	0.88	0.0	0.0
проценты использов.по НДС			сводные%использов.		шаг ребер/планок
гибс. отн.YI	гибс. отн.ZI	НДС	2НДС	местн.устойч.	планок
29.5	29.5	39.8	29.5	0.0	нет

- распорка 4-х гранной опоры

Сечение	1.6.6.6 Труба 57 x 3				
Профиль	57 x 3; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	ВСУЗен; ГОСТ 1075-80				
Сортамент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.YI	уст.отн.ZI	F1 мин.	уст.стенки	уст.полос
60.9	83.6	83.6	0.73	0.0	0.0
проценты использов.по НДС			сводные%использов.		шаг ребер/планок
гибс. отн.YI	гибс. отн.ZI	НДС	2НДС	местн.устойч.	планок
49.1	49.1	83.6	49.1	0.0	нет

- раскос 4-х гранной опоры

Сечение	1.5.5.5 Труба 60 x 3				
Профиль	60 x 3; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	ВСУЗен; ГОСТ 1075-80				
Сортамент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.YI	уст.отн.ZI	F1 мин.	уст.стенки	уст.полос
36.8	85.7	36.8	0.43	0.0	0.0
проценты использов.по НДС			сводные%использов.		шаг ребер/планок
гибс. отн.YI	гибс. отн.ZI	НДС	2НДС	местн.устойч.	планок
78.6	0.0	85.7	78.6	0.0	нет

Комбинации усилий в элементах капителей 4 х гранных опор

- в опорных раскосах – +68,63/-245,86 кН;
- в распорках – +22,60/-66,64 кН.

Результаты проверки с процентами исчерпания несущей способности наиболее напряженных элементов:

- в опорных раскосах

Сечение	1.4.4.4 Труба 133 x 4				
Профиль	133 x 4; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	20; ГОСТ 3731-74*				
Сортамент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.YI	уст.отн.ZI	F1 мин.	уст.стенки	уст.полос
67.4	72.9	72.9	0.92	0.0	0.0
проценты использов.по НДС			сводные%использов.		шаг ребер/планок
гибс. отн.YI	гибс. отн.ZI	НДС	2НДС	местн.устойч.	планок
24.1	24.1	72.9	24.1	0.0	нет

- в распорках

Сечение	1.6.6.6 Труба 57 x 3				
Профиль	57 x 3; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	ВСУЗен; ГОСТ 1075-80				
Сортамент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.YI	уст.отн.ZI	F1 мин.	уст.стенки	уст.полос
60.9	83.7	83.7	0.73	0.0	0.0
проценты использов.по НДС			сводные%использов.		шаг ребер/планок
гибс. отн.YI	гибс. отн.ZI	НДС	2НДС	местн.устойч.	планок
49.1	49.1	83.7	49.1	0.0	нет

Комбинации усилий в элементах структурного покрытия:

- верхнего пояса – +9,02/-23,12 кН;
- нижнего пояса – +8,40/-20,75 кН;
- опорных раскосах – +20,60/-61,94 кН.

Результаты проверки с процентами исчерпания несущей способности наиболее напряженных элементов:

- верхнего пояса

Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 2 предельному состоянию

Сечение	1.1.1.1 Труба 63.5 x 3				
Профиль	63.5 x 3; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	ВСт3сп; ГОСТ 1075-80				
Сортмент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.Y1	уст.отн.Z1	F1 мин.	уст.стенки	уст.пазлов
14.5	54.1	54.1	0.35	0.0	0.0
проценты использо.по НДС					шир ребер/плавик
гиб. отн.Y1	гиб. отн.Z1	НДС	2НДС	местн.устойч.	плавик
94.9	94.9	54.1	94.9	0.0	нет

● **НИЖНЕГО ПОЯСА**

Сечение	1.2.2.2 Труба 63.5 x 3				
Профиль	63.5 x 3; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	ВСт3сп; ГОСТ 1075-80				
Сортмент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.Y1	уст.отн.Z1	F1 мин.	уст.стенки	уст.пазлов
16.9	48.4	48.4	0.35	0.0	0.0
проценты использо.по НДС					шир ребер/плавик
гиб. отн.Y1	гиб. отн.Z1	НДС	2НДС	местн.устойч.	плавик
93.4	93.4	48.4	93.4	0.0	нет

● **опорных раскосах**

Сечение	1.3.3.3 Труба 73 x 3				
Профиль	73 x 3; ГОСТ 8732 - 78*				
Сталь	ВСт3сп; ГОСТ 1075-80				
Сортмент	Труба бесшовная горячекатаная				
проценты использования по НДС					
по норм.	уст.отн.Y1	уст.отн.Z1	F1 мин.	уст.стенки	уст.пазлов
43.7	97.3	97.3	0.45	0.0	0.0
проценты использо.по НДС					шир ребер/плавик
гиб. отн.Y1	гиб. отн.Z1	НДС	2НДС	местн.устойч.	плавик
99.6	99.6	97.3	99.6	0.0	нет

Приведенные результаты расчетов показывают, что наиболее напряженные элементы по верхнему и нижнему поясам структуры располагаются в местах опирания структуры на четырехгранные опоры, что объясняется горизонтальными воздействиями на структурное покрытие.

Принятые по проекту сечения элементов структурной плиты, основных колон, капителей и стеновой панели удовлетворяют требованиям 1-ого предельного состояния (требованиям прочности и устойчивости), и требованиям 2-ого предельного состояния (предельной гибкости).

ВЫВОДЫ

На основании результатов расчета и данных обследования технического состояния строительных конструкций навеса над памятником истории и культуры федерального значения: Ханский дворец (XVI -XIX века) в г. Бахчисарай, сделаны следующие выводы:

1. Конструктивные решения несущих конструкций навеса в виде перекрестно-стержневой пространственной системы типа МАРХИ над памятником истории и культуры федерального значения «Ханский дворец в г. Бахчисарай», принятые в проекте, обоснованы основными расчетами проектной организации и подтверждены поверочными расчетами, проведенными специалистами АСиА КФУ им В.И. Вернадского. Все отклонения от проекта не оказывают существенного влияния на несущую способность элементов навеса.

2. Проведенные в ходе обследования проверочные расчеты адекватной пространственной модели навеса показали следующее:

● прочность, устойчивость металлических элементов навеса обеспечены в зависимости от его назначения в пространственной системе (требования 1-ого и 2-ого предельных состояний и местной устойчивости) и удовлетворяют требованиям действующих строительных норм;

● жесткость сооружения в целом (требования 2-ого предельного состояния) удовлетворяет требованиям действующих строительных норм.

3. При обследовании несущих элементов навеса выявлено отсутствие следующих документов по строительству:

● паспорта предприятия на конструкции заводского изготовления.

4. По результатам обследования и проверочного расчета пространственной модели для несущих элементов навеса принято следующее:

● техническое состояние в целом оценено как работоспособное с учётом выявленных несоответствий и внесённых конструктивных изменений;

● техническое состояние фундаментов, металлических четырехгранных металлических опор, капителей, стеновой металлической опоры и металлической перекрестно-стержневой пространственной системы типа МАРХИ в целом оцпеневаается как работоспособное с учётом выявленных несоответствий и внесённых конструктивных изменений;

5. Навес (металлоконструкции пространственной стержневой конструкции типа МАРХИ и фундамент) над объектом культурного наследия «Ханский дворец» по адресу: Республика Крым, г. Бахчисарай, ул. Речная, д. 133., Главный корпус» пригоден для эксплуатации в данной природно-климатической зоне в условиях 8-ми бальной сейсмичности готов и может быть введен в эксплуатацию как временное сооружение со сроком службы до 10 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлические конструкции. Конструкции зданий. Т.2 / ред. В.В. Горев. М.: изд. Высшая школа. 1999 г. 385 с.
2. Лихтарников Я.М., Ладыженский Д.В., Клыков В.М. Расчет стальных конструкций. К.: Будівельник, 1984. 368 с.
3. Металлические конструкции. В 3 т. Т.3. Стальные сооружения / ред. В.В. Кузнецов. М.: изд. АСВ, 1999. 528 с.
4. Казакевич М.И. Актуальные заметки по аэродинамике зданий и сооружений. Дн-ск: Акцент, 2011.184 с.
5. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. К.: Факт, 2005. 344 с.
6. Современные методы обследования зданий/ Н.Г. Смоленская, А.Г. Ройтман, В.Д. Кириллов и др. Изд. 2-е испр. и доп. – М.: Стройиздат, 1979.
7. Агафонкин В.С., Моисеев М.В., Исаева Л.А., Дымолазов М.А. Усиление структурных конструкций с узловым решением "МЕРО-МАРХИ" // Известия Казанского ГАСУ. 2011. № 2 (16). С. 76-80.
8. Рекомендации по проектированию структурных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1984. – 304 с.

9. Сtrygin С.В., Чичанина Е.В. Разработка перекрестно-стержневых пространственных конструкций для инженерного проектирования // Тенденции развития агропром. комплекса глазами молодых ученых: сб. науч. тр. Рязань, ГАТУ имени П.А. Костычева». 2018. С. 238-242.

10. Мартынов В.А., Репин В.А. Проектирование пространственно-стержневых перекрестных конструкций. // VIII междунар. научно-практическая конференция. В 5-ти частях. «Инновации в науке и практике»: Сб. научн. стат. Воронеж, 2018 С. 224-230.

11. Алексенко Е.В., Дворяшина М.С. Пространственные стержневые системы как конструктивный инструмент архитектурной формы // Фундаментальные и прикладные аспекты развития современной науки; сб. науч. тр. Уфа, 2020. С. 391-397.

12. . Трянин Н.В., Зуева И.И. Влияние осадки опор на напряженно-деформированное состояние структурных блоков типа "Москва" // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2020. Т. 1. С. 76-83.

13. Трущев, А.Г. Пространственные металлические конструкции / А.Г. Трущев. – М.: Стройиздат, 1983. – 215 с.

14. Клячин А. З. Пространственные стержневые металлические конструкции регулярной структуры / А.З. Клячин - Екатеринбург: Диамант, 1995. – 276 с.

REFERENCES

1. Metal structures. Building structures. Т. 2 / ed. V.V. Gorev. М.: ed. High school. 1999.385 p.

2. Likhtarnikov Ya.M., Ladyzhensky DV, Klykov V.M. Calculation of steel structures. К.: Budivel'nik, 1984.368 p.

3. Metal structures. In 3 volumes.Vol. 3. Steel structures / ed. V.V. Kuznetsov. М.: ed. ASV, 1999.528 p.

4. Kazakevich M.I. Actual notes on the aerodynamics of buildings and structures. Dn-sk: Accent, 2011, 184 p.

5. Gorodetsky A.S., Evzerov I.D. Computer models of structures. К.: Fact, 2005.344 p.

6. Modern methods of inspection of buildings / N.G. Smolenskaya, A.G. Roitman, V.D. Kirillov and others-Ed. 2nd rev. and add. – М.: Stroyizdat, 1979.

7. Agafonkin V.S., Moiseev M.V., Isaeva L.A., Dymolozov M.A. Strengthening structural structures with a nodal solution "MERO-MARCHI" // Izvestiya Kazan GASU. 2011. No. 2 (16). Pp. 76-80.

8. Recommendations for the design of structural structures / TsNIISK them. Kucherenko. – М.: Stroyizdat, 1984. – 304 p.

9. Strygin S.V., Chichanina E.V. Development of cross-bar spatial structures for engineering design // Trends in the development of agroindustry. complex through the eyes of young scientists: Sat. scientific. tr. Ryazan, GATU named after P.A. Kostychev ". 2018. Pp. 238-242.

10. Martynov V.A., Repin V.A. Design of spatially bar cross structures. // VIII Int. scientific and practical conference. In 5 parts. "Innovations in Science and Practice": Sat. scientific. stat. Voronezh, 2018 S. 224-230.

11. Aleksenko E.V., Dvoryashina M.S. Spatial core systems as a constructive tool of architectural form // Fundamental and applied aspects of the development of modern science; Sat. scientific. tr. Ufa, 2020. Pp. 391-397.

12. Tryanin N.V., Zueva I.I. Influence of settlement of supports on the stress-strain state of structural blocks of the "Moscow" type // Modern technologies in construction. Theory and practice. 2020.Vol. 1. P. 76-83.

13. Trushev, A. G. Spatial metal structures / A. G. Trushev. - М.: Stroyizdat, 1983.- 215 p.

14. Klyachin A.Z. Spatial rod metal structures of regular structure / A.Z. Klyachin – Yekaterinburg: Diamant, 1995. – 276 p.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF CONSTRUCTION DEFECTS ON THE STRESS-STRAIN STATE OF STRUCTURAL COATING ELEMENTS OVER THE KHAN'S PALACE

Sintsov A.V., Danchenko N.V., Sintsov V.P., Mitrofanov S.V.

Academy of Construction and Architecture, V.I. Vernadsky Crimean Federal University,
Simferopol, Kievskaya str., 181, e-mail: sin59@bk.ru

Annotation. After the transition of Crimea to the Russian Federation, much attention was paid to the restoration of historical and artistic monuments located in the Republic of Crimea. To eliminate atmospheric influences on the restored building of the main building of the Bakhchisarai Khan's Palace, a canopy was erected, the structure of which is made of metal pipes.

Subject of research: During the construction of the canopy, deviations and individual defects were made in the structural elements of the structural coating, so there was a need to conduct a survey of the structure. In this regard, it became necessary to check the stress-strain state (VAT) of the canopy structural elements for design loads, taking into account 8-point seismicity and the detected deviations and defects.

Materials and methods: The LIRA CAD PC, based on the application of the finite element method, allows us to obtain a picture of the stress distribution in the elements of the structural canopy plate. To study the behavior of structural plate elements under load, a spatial computer model composed of rod finite elements and shell elements has been developed.

Results: As a result of the calculation for static and dynamic effects from external loads, deformed schemes of the cross - rod spatial system of the structural coating were obtained, the strength and stability of the structural system elements under the action of seismic loads were checked. The calculation results are presented in the form of mosaics of movements of the structure nodes and forces in the structure elements.

Conclusions: The research results have shown that the strength, stability of the metal elements of the canopy and the rigidity of the structure as a whole are provided (the requirements of the 1st and 2nd limit states and local stability) and meet the requirements of the current building codes. The technical condition of the foundations, metal tetrahedral metal supports, capitals, wall metal supports and a metal cross-rod spatial system of the MARKHI type as a whole is petrified as workable, taking into account the identified inconsistencies and the structural changes made. The canopy is suitable for operation in this natural and climatic zone in conditions of 8-point seismicity and is ready and can be put into operation as a temporary structure with a service life of up to 10 years.

Key words: spatial rod structure, MARCHI type structure, finite element, strength, stability, local stability.