

УДК 69.059.25:725.94

канд.техн.наук Осипов С.А.,

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

## КЛАССИФИКАЦИЯ ХАРАКТЕРНЫХ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ АРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СВОДОВ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

*Дана классификация характерных дефектов и повреждений арочных конструкций, и сводов, а также основных факторов и процессов, обуславливающих их образование.*

**Ключевые слова:** *дефекты и повреждения, технология, реставрация, памятники архитектуры, своды, арки.*

Анализ технического состояния [1] арочных конструкций и сводов, выполненный по материалам обследования объектов-представителей [2, 3], позволил выполнить обобщение и систематизацию основных дефектов и повреждений арочно-стоечных конструкций, и причин их возникновения.

Были установлены основные процессы и факторы (рис. 1), в результате воздействия которых с течением времени в арочных конструкциях и сводах возникают те либо иные повреждения и дефекты, а именно:

– коррозийные процессы – физические, электро-химические, химические, биологические, – обуславливающие выветривание, размягчение и расслоение кладки конструкций различной степени интенсивности – от выветривания и размягчения поверхностных слоев до размягчения и полного расслоения, обрушения всего массива кладки конструкции;

– деформации, разрушение или ошибочное удаление поддерживающих конструкций и опор, обуславливающее образование деформационных трещин в массиве кладки конструкций вследствие изменения характера ее работы и напряженно-деформированного состояния;

– силовые факторы и нагрузки, обуславливающие образование силовых трещин в конструкциях вследствие снижения несущей способности конструкции либо общего увеличения, или локального неравномерного изменения (увеличения или уменьшения) нагрузки и ее сочетания, а также локального приложения дополнительных нагрузок, не учитывающих характер статической работы распорной системы (конструкции);

– динамические факторы, обуславливающие возникновение механических повреждений и дефектов, изменяющих монолитность и цельность конструкций;

– воздействие высоких температур, агрессивных химических реагентов и материалов, обуславливающих разрушение кладки или существенное изменение ее физико-механических свойств.



Рис. 1. Классификация основных факторов и процессов, обуславливающих образование повреждений и дефектов в арочных конструкциях и сводах

В целом, к наиболее характерным дефектам и повреждениям можно отнести (рис. 2):

*группа I – повреждения коррозионного и динамического характера (в целом по распорным конструкциям):*

*I.1.* Размягчение и выветривание поверхностных слоев (рядов) кладки различной степени интенсивности вследствие ее попеременного увлажнения и высыхания, замораживания и оттаивания;

*I.2.* Расслоение и размягчение массива кладки на всю толщину с обрушением или без обрушения части кладки и снижением прочностных характеристик каменного материала и кладочного раствора вследствие длительного замачивания кладки на всю ее толщину с попеременным замораживанием и оттаиванием;

*I.3.* Механическое повреждение кладки вследствие динамического воздействия на нее в процессе эксплуатации;

*I.4.* Огневое, тепловое или химическое повреждение кладки вследствие воздействия на нее высоких температур пожара, локальных источников тепла или химических реагентов;

*группа II – повреждения деформационного и силового характера подгруппа IIa – по столбам:*

*IIa.* Образование сквозных вертикальных и наклонных трещин вследствие перенапряжения кладки при снижении ее несущей способности или увеличении нагрузок;



Рис. 2. Классификация характерных дефектов и повреждений в арочных конструкциях и сводах памятников архитектуры

*подгруппа Пвб – по аркам и сводам:*

*Пвб.1.* Трещины в массиве и растворной части замка арки (продольные трещины в массиве и растворной части шельг и ребер свода);

*Пвб.2.* Трещины в опорной или (и) крайней  $1/3 \dots 1/4$  пролета арки (продольные трещины в опорной или (и) крайней  $1/3 \dots 1/4$  пролета свода);

*Пвб.3.* Трещины *со смещением плоскостей* (в замке, крайней  $1/3 \dots 1/4$  пролета, опорной части) арки (продольные трещины *со смещением плоскостей* (в шельге, опорной, крайней  $1/3 \dots 1/4$  пролета) свода);

*Пвб.4.* Поперечные трещины в средней  $1/3$  пролета сводов *на участках сопряжения с опорами* – подпружными арками, стенами;

*Пвб.5.* Радиальные (поперечные) и продольно-радиальные трещины в сводах;

*Пвб.6.* Изменение геометрии арки (свода) – уменьшение или увеличение стрелы подъема, изменение пролета.

Анализ трещинообразования в арках и сводах обследованных объектов-представителей позволил установить, что образование трещин, обусловленное

воздействием деформационных и силовых факторов, сопровождается, как правило, перемещением опор арок и сводов в горизонтальном (в пролет или из пролета) или (и) вертикальном (вверх или низ) направлении или в любом направлении декартового пространства. Данные утверждения подтверждаются выполненным моделированием работы распорных конструкций (рис. 3).

По своему характеру трещины в арках и сводах могут раскрываться в нижней зоне (суммарный вектор перемещения опор направлен из пролета конструкции, рис. 3, б) либо верхней зоне (направлен в пролет конструкции, рис. 3, а). Неравномерное догружение (разгружение) пролетов арок, сводов также приводит к образованию трещин в верхней или нижней зоне, в зависимости от возникающих перемещений (рис. 3, в, г).

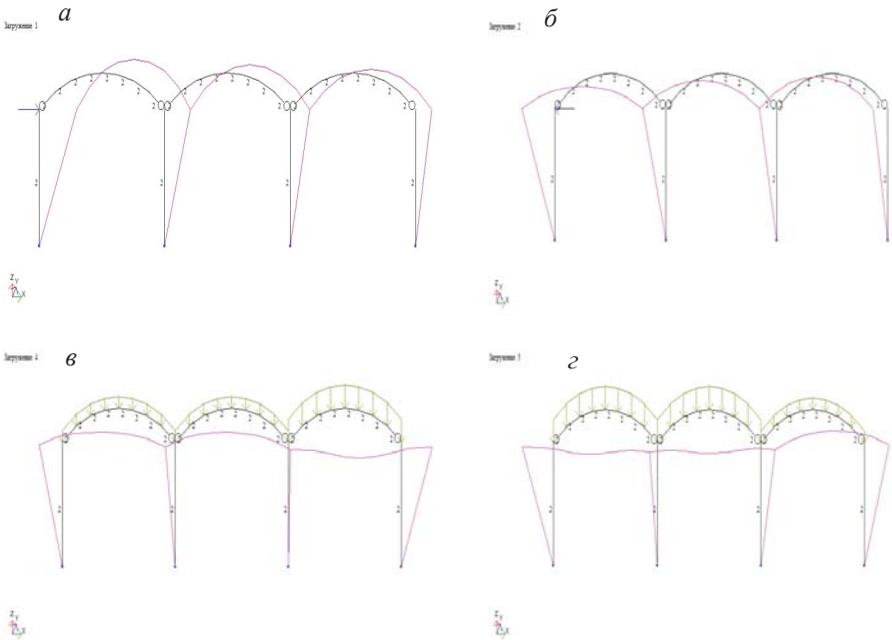


Рис. 3. Графические модели деформационного и силового воздействия на арочные конструкции и своды (расчет выполнен на программном комплексе ЛИРА 9.6):

а – перемещение опоры арки (свода) в горизонтальном направлении во внутрь арки;  
 б – перемещение опоры арки (свода) в горизонтальном направлении из плоскости рамы;

в – догружение одного пролета рамы;  
 г – разгружение одного пролета рамы

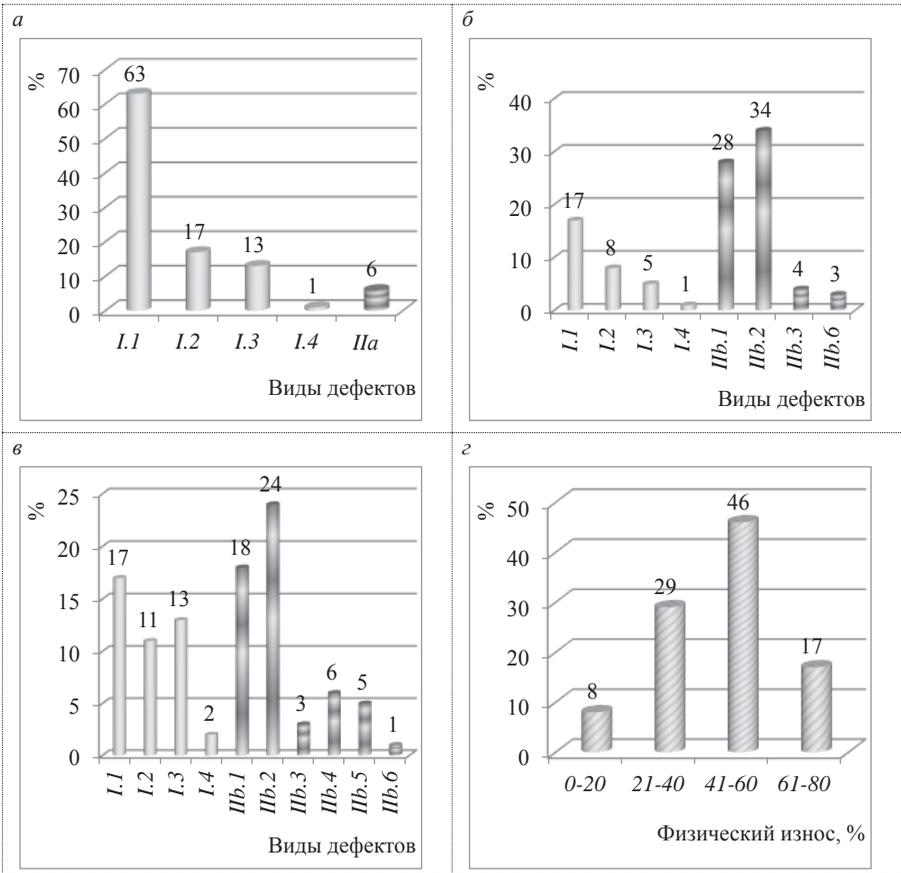


Рис. 4. Распределение арочных конструкций и сводов по видам дефектов, повреждений (а – в) и по уровню физического износа (г):

а – распределение дефектов по каменным столбам;

б – распределение дефектов по аркам;

в – распределение дефектов по сводам;

I.1 – I.4 – дефекты и повреждения коррозионного и динамического характера;

IIa, IIb.1 – IIb.6 – дефекты и повреждения деформационного и силового характера

На рис. 4 приведены распределения по наиболее часто повторяющимся дефектам и повреждениям распорных конструкций (столбов, арок и сводов), а также их технического состояния и физического износа, установленные по результатам обследования объектов-представителей.

Повреждения коррозионного и динамического характера (группа I) составляет для столбов порядка 88 % от общей совокупности дефектов и повре-

ждений, для арок 31 % и сводов порядка 43 %, повреждения деформационного и силового характера (группа II) – соответственно, 12%, 69 % и 57 %.

В целом техническое состояние арочных конструкций и сводов обследованных памятников архитектуры характеризуется как хорошее и удовлетворительное (порядка 37 %), неудовлетворительное (46%) и аварийное – более 17 % (рис. 4, г).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Барашиков А. Я. Оцінювання технічного стану будівель та інженерних споруд; навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. / А.Я. Барашиков, О.М. Малишев – К.: Основа, 2008. – 320 с.

2. С.А. Осипов Исследование строительно-технологических характеристик арочных конструкций и сводов памятников архитектуры Украины // Актуальные проблемы строительного и дорожного комплексов: материалы международной научно-практической конференции (4-6 июня 2013 г., г. Йошкар-Ола). – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технический университет, 2013. - С. 30 – 35

3. Экспертное заключение о техническом состоянии конструкций здания «Старый Арсенал» после выполненного комплекса первоочередных противоаварийных работ и разработка рекомендаций по завершению реставрации здания с переоборудованием его под помещения культурно-художественного и музейного комплекса «Мистецький Арсенал» / В.К. Черненко, А.Ф. Осипов, Г.Н. Тонкачев, В.В. Гончаров, Е.Г. Романушко, А.И. Козачевский, В.А. Пермяков, А.Д. Журавский, С.Ф. Акимов, С.А. Осипов – «Центр НТП - Будівельник», 2007. – 367 с.

## АНОТАЦІЯ

У статті дана класифікація характерних дефектів та пошкоджень аркових конструкцій та склепінь, а також основних факторів і процесів, що обумовлюють їх утворення.

**Ключові слова:** дефекти і пошкодження, технологія, реставрація, пам'ятники архітектури, склепіння, арки.

## THE SUMMARY

The article presents the classification of characteristic defects and damage of structures and arched vaults, and the key factors and processes that lead to their formation.

**Keywords:** defects and damages, technology, restoration, monuments of architecture, arches.