*Приведены данные о состоянии металлических конструкций некоторых московских зданий, выполненных по проекту выдающегося русского инженера В.Г. Шухова, 160-летие которого отмечается в 2013 г. Показано, что для светопрозрачных покрытий таких памятников культурного наследия, как ГУМ, Музей изобразительных искусств и Московский почтамт, необходимо постоянное наблюдение за их состоянием. Конструкции покрытия Московского почтамта требуют срочного ремонта и реставрации.*

## Современное состояние светопрозрачных конструкций Шухова

В 2013 г. отмечается 160 лет со дня рождения выдающегося инженера и ученого в области строительства, теплотехники и нефтепереработки В. Г. Шухова. Одна из граней его таланта ярко проявилась в создании уникальных зданий и сооружений. Сетчатые покрытия и гиперболические башни Шухова известны во всем мире.

Шухову всегда было присуще стремление доводить свои технические идеи до завершения. Ярким примером этого является возведение по его проектам светопрозрачных покрытий таких московских зданий, как Музей изобразительных искусств (ГМИИ), Верхние торговые ряды (ГУМ), Московский почтамт, гостиница «Метрополь», дебаркадер Брянского (Киевского) вокзала, вестибюль здания Высших женских курсов (МГТГУ).

И хотя эти объекты, возведенные более века назад, имеют статус памятников культурного наследия, вопрос об их сохранении стоит достаточно остро.

К сожалению, конструкции дебаркадера Киевского вокзала и покрытие главного зала ресторана «Метрополь» заменены на новые. Сохранившиеся металлические конструкции покрытий Шухова, за редким исключением, требуют срочной реставрации.

В настоящей статье сделана попытка оценки современного состояния конструкций некоторых светопрозрачных покрытий В. Г. Шухова, построенных в Москве.

В 1894 г. в Москве по проекту А. Н. Померанцева был построен комплекс Верхних торговых рядов (ГУМ), где торговые линии перекрывались арочными светопрозрачными покрытиями. Несущими конструкциями этих покрытий являются арочные фермы кругового очертания с перекрестными лучевыми затяжками. По поясам была уложена обрешетка из прокатных тавров для крепления остекления.

Фермы установлены на кирпичные стены с шагом 1,33 м. Пролеты в трех линиях различны и варьируются от 12,3 до 15,4 м. Пояса выполнены из оди ночных прокатных уголков дюймового сортамента 77x55x8 — 10 мм. а тяги — из круглого прутка диаметром 11 мм.

Чертежи покрытия, а также изготовление металлических ферм выполнялись «Товариществом Санкт-Петербургского металлического завода», получившим привилегию (патент) на эту конструкцию [1]. Однако эта система и по сей день называется шуховской не без оснований.

В 1897 г. В. Г. Шухов опубликовал работу «Стропила. Изыскание рациональных типов прямолинейных стропильных ферм и теория арочных ферм» [2], в которой впервые дал глубокий анализ работы сегментных ферм с лучевыми затяжками на различные виды загружения. Им было доказано, что параболическая сегментная ферма с лучевыми преднапряженными тягами наиболее выгодна как по металлоемкости, так и по трудоемкости изготовления.

На протяжении длительной эксплуатации здания покрытие торговых линий ГУМа обследовалось неоднократно. В ходе обследования 1975 г., проведенного Московским инженерно-строительным институтом, было установлено, что металлическая обрешетка

стеклянной крыши прокорродировала на 50...70 %, опорные плоскости стекол практически утрачены. Вместе с тем значительных коррозионных и механических повреждений металлических арок выявлено не было. В конце 1970-х гг. был проведен ремонт покрытия в результате чего было заменено остекление и обрешетка.

Помимо этого, исследовались свойства стали арок и опорных плит. Было установлено, что по содержанию основных химических элементов, структуре, а также по механическим свойствам металл соответствует кипящей углеродистой мартеновской стали с расчетным сопротивлением $R_{\%}$ = 2000 кг/см$^2$. Опорные плиты арок выполнены из серого чугуна.

В 1991 г. состояние покрытия изучалось институтом «Проектсталь-конструкция» [3]. В результате обследования было выявлено, что наиболее серьезным и распространенным повреждением является язвенная коррозия элементов арок в местах заделки в кирпичную кладку опорных узлов. Из-за наличия мостиков холода в местах крепления к поясам арок наружных ходовых площадок и, как следствие, выпадения конденсата, в этих узлах наблюдается щелевая коррозия. Общий износ арок и тяг оценивался в 10 %.

В 1998 г. перед масштабной реконструкцией ГУМа специалистами МГСУ проводилось визуальное обследование арок покрытия. Было установлено, что данные ранее рекомендации по защите конструкций от коррозии выполнены не были. Заметно ухудшилось состояние обшивок и стоек в торцах арочных покрытий. В ходе работ по реконструкции универмага торцевые участки были отремонтированы, а все металлические конструкции покрытия очищены и окрашены, хотя проблемы герметизации остекления существуют и ныне.

Поверочные расчеты арочных ферм, выполненные как в 1970-е гг. «ручными» методами, так и более поздние «машинные» расчеты показали, что несущая способность арок достаточна для восприятия всего комплекса действующих нагрузок.

Следует особо обратить внимание, что детальное обследование центрального купола ГУМа никогда не проводилось и состояние конструкций этого ключевого элемента светопрозрачного покрытия до сих пор не оценивалось.

В 1912 г. в Москве было закончено строительство двух замечательных сооружений: Музея изящных искусств на Волхонке (арх. Р. Клейн) и нового здания почтамта на Мясницкой (арх. О. Р. Мунц, Л. И. Новиков). В. Г. Шухов был соавтором проектов этих зданий и непосредственно принимал участие в возведении металлических конструкций покрытий этих уникальных сооружений.

Необходимо было создать такую конструкцию покрытия, которая должна была обеспечивать хорошее естественное освещение и наряду с этим позволяла поддерживать определенный температурно-влажностный режим в помещениях. Эту задачу В. Г. Шухов решил, применив трехплоскостные светопрозрачные кровли.

В здании московского почтамта покрытием центрального операционного зала является прямоугольный в плане светопрозрачный фонарь размером 28х46 м, который имеет 3 яруса остекления. Нижний ярус расположен над операционным залом и выполнен в виде усеченной пирамиды. Каркас этого яруса представляет собой рамную конструкцию, опирающуюся по контуру на консольные фермы и, кроме этого, подвешенную к главным фермам шатра (рис. 1).

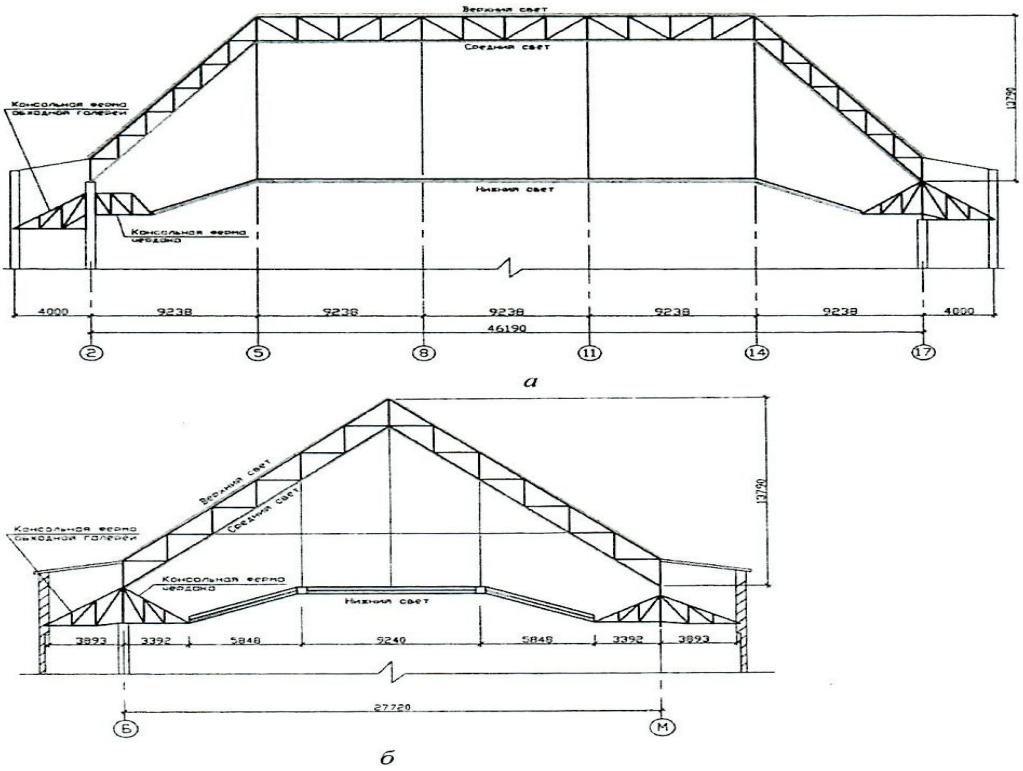


Рис. 1. Схема светопрозрачного покрытия Московского почтамта : *а* – продольный разрез; *б – поперечный разрез*

Несущая конструкция внешнего фонаря состоит из рядовых, диагональных и связевых клепаных ферм. Основные несущие фермы опираются на 16 стальных сквозных колонн. По поясам ферм уложена система прогонов и второстепенных балок. Остекление фонарей установлено в металлические переплеты, выполненные из прокатных тавров 40х40х6 мм. Более подробно конструкция этого покрытия описана в [4].

В период с 1983 по 2010 г. различными организациями проведено 8 обследований металлических конструкций фонаря.

Уже в обследовании МНИИТЭПа 1983 г. указывалось на недопустимое состояние металлических витражей верхнего остекления в результате коррозионного износа. При этом состояние всех остальных конструкций фонаря признавалось удовлетворительным, кроме отдельных элементов консольных ферм.

В техническом заключении ЦНИИСКа 2001 г. [5] констатировалось, что ряд элементов фонаря, имеющих значительные погибы, в предыдущие годы были усилены с применением сварки. Однако, несмотря на это 28 % элементов решетки главных и связевых ферм имеют погибы. В ходе освидетельствования конструкций было выявлено такое повреждение, как закручивание вспомогательных балок внутреннего фонаря в результате потери общей устойчивости.

На основании исследований МГСУ 2003 г. [6] были сделаны выводы о необходимости усиления отдельных элементов светового фонаря и полной замене переплетов наружного ограждения.

В результате обследования 2007 г., проведенного ЦНИИПСК [7], были составлены дефектные ведомости главных, диагональных, под стропиль но-связевых ферм и верхних частей колонн.

Во всех указанных выше работах исследовалась сталь, из которой выполнены несущие конструкции покрытия. Исследования химического состава и механических свойств показали, что в конструкциях фонаря использована малоуглеродистая кипящая сталь,

аналогичная современным маркам Ст3кл и Ст 2кп. Расчетное сопротивление стали оценивалось следующими величинами: 1900 [5], 1700 [6], 2000 кг/см$^2$ [8].

В 2010 г. ООО «Компания МАКОМ» [8] провела работу по анализу результатов изысканий прежних лет. а также выполнила визуальное обследование конструкций почтамта. В частности, по конструкциям покрытия были сделаны следующие основные выводы:

обрешетка верхнего, наружного остекления имеет коррозионные потери 70...80 %, находятся в аварийном состоянии и требуют замены;

опорные стойки и нижние пояса консольных ферм в зоне пола чердака имеют значительные коррозионные повреждения и требуют усиления.

Как можно заметить, выводы различных организаций, проводивших обследование металлических конструкций покрытия почтамта, за последние 30 лет мало отличаются друг от друга. Лишь величины износа и количество повреждений с каждым годом увеличивались. Однако кардинальных мероприятий по реставрации и сохранению памятника не проводилось.

В конце 1980-х гг. «Моспроектом-2» был разработан проект реконструкции почтамта, который осуществлен не был. В настоящее время возобновлена работа по проектированию комплексной реставрации и реконструкции почтамта. Имеются предложения по устройству временного шатра, укрывающего весь световой фонарь главного зала, для возможности поэтапной работы по восстановлению конструкций покрытия.

Еще одним примером инженерного таланта В. Г. Шухова является покрытие ГМИИ.

Конструкция кровли представляет собой комбинированную систему, включающую в себя два вида металлических ферм. Подфонарные фермы полигонального очертания являются несущими для чердачного перекрытия, нижнего и среднего контуров остекления, а также для ферм фонаря (рис. 3).

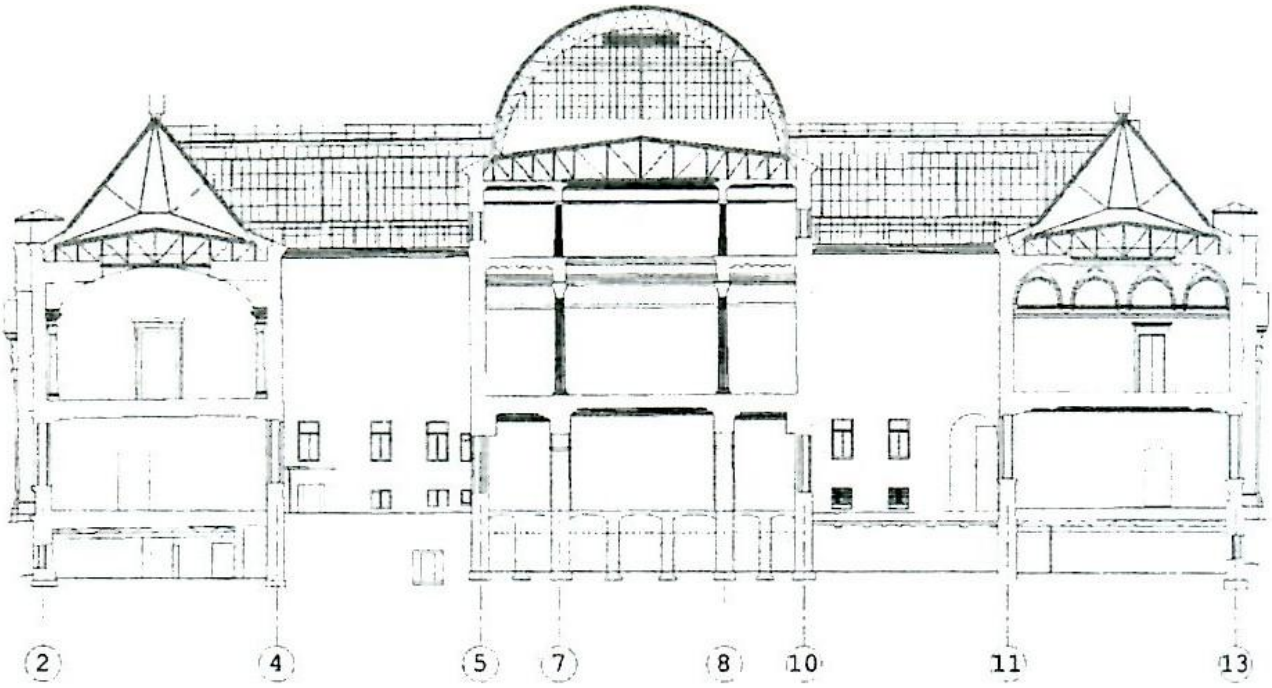


Рис. 3 Разрез по зданию Музея изобразительных искусств

Фермы фонаря треугольного очертания служат для крепления внешнего контура остекления и участков металлической кровли на коньке, в опорных зонах и в ендовах, Исключение составляют фонарные фермы белого зала, имеющие полуциркульное

очертание. Подфонарные фермы клепаные, выполненные из парных уголков, соединенных «в тавр». Опорные узлы ферм заделаны в кирпичную кладку стен. Балки чердачного перекрытия и плафонов установлены на нижние пояса ферм.

В 1970-е гг. XX в. нижние пояса и приопорные раскосы подфонарных ферм были усилены из-за значительного коррозионного износа элементов в местах сопряжения с чердачным перекрытием.

Треугольные фермы фонаря шпренгельной системы, у которой пояса выполнены из парных прокатных швеллеров, тяги и подвески — из круглого железа, а сжатые стойки — из чугунных литых элементов крестового сечения.

Остекление уложено на систему горизонтальных прогонов и поперечных тавровых элементов, которые были полностью заменены в ходе капитального ремонта кровли.

Система водостока комбинированная: имеются участки с наружным водоотводом через желоба и трубы, а также и через воронки внутренней ливневой канализации. Для эффективного удаления снега с кровли в чердачном помещении имеются установки снеготаяния.

В архиве ГМИИ имеется достаточно обширный материал, охватывающий значительный период времени и касающийся как строительства здания, так и его дальнейшей эксплуатации. В частности, несколько работ по обследованию металлических конструкций покрытия здания были проведены в последние Шлет [9. 10].

В связи со строительством нового музейного комплекса и реконструкцией существующего здания ГМИИ в 2011 г. ООО «Компания МАКОМ» проводила визуальное обследование основного здания музея, включая металлические конструкции покрытия. При осмотре стропильных конструкций были выявлены места разрушения лакокрасочного покрытия и коррозии металлических элементов. В местах заделки поясов в кирпичную кладку стен толщина слоистых продуктов коррозии достигает 5...8 мм. В наибольшей степени коррозии подвержены арочные фермы торцевых участков крыши. Причиной коррозии элементов покрытия является попадание атмосферной влаги в чердачное пространство через негерметичные швы остекления.

Из представленного материала видно, что конструкции светопрозрачных покрытий зданий ГУМа, Главпочтамта и ГМИИ требуют срочной комплексной реставрации.

В наиболее тяжелом состоянии находятся конструкции покрытия операционного зала Московского почтамта, где металлическая обрешетка верхнего уровня остекления требует замены, а ряд узлов ремонта и усиления.

В конструкциях покрытия здания ГМИИ необходима расчистка и консервация узлов опирания ферм на кирпичные стены и ремонт торцевых арочных конструкций.

Арочные фермы покрытия ГУМа находятся в удовлетворительном состоянии, однако здесь также необходимо провести расчистку и консервацию опор, заделанных в кирпичную кладку. Наряду с этим, для оценки состояния всего покрытия необходимо провести детальное обследование центрального купола здания.

Инженерная общественность и органы власти нашей страны должны приложить максимальные усилия для сохранения уникального наследия В. Г. Шухова. Конструкции, созданные В. Г. Шуховым, в т.ч. и светопрозрачные покрытия, представляют не только исторический интерес, они и в настоящее время служат развитию инженерной практики.

## Библиографический список


1. Ковельман Р. М. Творчество почетного академика инженера В. Г. Шухова / Р. М. Ковельман. - М. : Госстройиздат, 1961. - 363 с.
2. Шухов В. Г. Избранные труды. Строительная механика / под ред. А. К. Ишлинского. - М. : Наука, 1977. - 193 с.
3. Оценочное обследование и техническое заключение о возможности сохранения и эксплуатации несущих металлических конструкций световых покрытий линий ГУМа. ЦНИИПСК. Д 227-91. М., 1991.
4. Михалев Н. Я. О сохранении уникальных стальных конструкций светопрозрачного покрытия Главпочтамта в г. Москве / Н. Я. Михалев // Научно-технический вестник Поволжья. - 2012. - № б. - С. 315—318.
5. Заключение о техническом состоянии металлоконструкций шатрового фонаря здания Моспочтамта / ГУП ЦНИИСК. М., 2001.
6. Технический отчет по теме: «Инженерное обследование строительных конструкций светового фонаря здания «Московского почтамта» по адресу: ул. Мясницкая, д. 26а, стр. 1». Шифр № 281/03 / МГСУ. 2003.
7. Обследование металлоконструкций шатрового фонаря Московского почтамта и выдача заключения о возможности их дальнейшей эксплуатации. Д 11-627 / ЗАО «ЦНИИПСК». 2007.
8. Технический отчет «Натурное визуальное обследование Главпочтамта» Д М10-09-34/ООО «Компания МАКОМ», М., 2010.
9. Результаты инженерно-технического обследования строительных конструкций памятника архитектуры здания ГМИИ им. А.С. Пушкина по адресу : ул. Волхонка, 12. «Металлоконструкции кровли» / Московский государственный горный университет; ЗАО «Триада — Холдинг». - 2004. Т. 1. Кн. 1.
10. Архитектурно-археологические обмеры здания Музея изобразительных искусств им. А.С. Пушкина. Т. 1—4 /Центральные научно-реставрационные мастерские. Архитектурно-планировочная мастерская № 2. - 2004.
11. Технический отчет. Определение технического состояния несущих и ограждающих конструкций, категории технического состояния и величин предельных дополнительных деформаций зданий, попадающих в зону влияния строительства объекта № 4 «Комплексная реконструкция, реставрация и приспособление домовладения 3/5 (г. Москва, М. Знаменский пер.) под Картинную галерею искусства старых мастеров». Кн. 3. Здание по адресу: Москва, ул. Волхонка, д. 12, стр. 1. Д. м 10-11-48 / ООО «Компания МАКОМ». М., 2011.