

## Результаты обследования здания Курского вокзала в Москве The results of inspection of Kursky railway station building in Moscow

к.т.н., доцент **Улыбин Алексей Владимирович**  
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»  
ulybin@mail.ru

Ph.D., Associate Professor **Aleksey Vladimirovich Ulybin**  
Saint-Petersburg State Polytechnical University  
ulybin@mail.ru

инженер **Рогозин Павел Алексеевич**  
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Engineer **Pavel Alexeevich Rogosin**  
Saint-Petersburg State Polytechnical University

инженер **Федотов Сергей Дмитриевич**  
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Engineer **Sergey Dmitrievich Fedotov**  
Saint-Petersburg State Polytechnical University

**Ключевые слова:** складчатая крыша, обследование вокзала, коррозия арматуры, поверочный расчет.

Описаны результаты технического обследования несущих конструкций нового здания Курского вокзала в Москве. В ходе работ, проводимых в 2011 г., использованы различные методы инструментальных измерений. Для определения искомых параметров использовались методы неразрушающего контроля. Описаны результаты лабораторных исследований, выполненных на отобранных из конструкций образцах. Представлены выводы о состоянии конструкций вокзала. Обоснована необходимость его реконструкции.

**Key words:** the inspection of a railway station, folded roof, corrosion of rebar, checking calculation.

The inspection results of building structures on Kursky railway station in Moscow were described. Works were finished in 2011. Different methods including nondestructive testing has been applied for determination of material characteristics. Description of laboratory tests for special construction samples is given. Conclusion of state of constructions is established. The necessity of renovation is substantiated.

### 1. Введение и состояние вопроса

В настоящее время железобетонные конструкции используются повсеместно. В XX веке проведено большое количество исследований направленных на совершенствование технологии изготовления и методов расчета железобетонных конструкций [1-5]. В технологии производства выделились два основных направления: монолитный и сборный железобетон. С развитием расчетных методов появлялись более сложные и уникальные конструкции [2]. К таким конструкциям можно отнести различные тонкостенные пространственные элементы (оболочки, складки и своды).

Высокие темпы развития и внедрения строительных конструкций из железобетона в XX веке привели к ряду сопутствующих проблем. Одной из проблем является применение экспериментальных, не опробованных конструкций в массовом строительстве жилых, общественных и производственных зданий. Также сборные конструкции нашли применение при строительстве уникальных зданий. В результате конструкции проходили проверку на надежность непосредственно в реальных условиях. Долговечность и некоторые другие свойства железобетона могут исследоваться только в ходе обследований реальных конструкций возрастом 50 лет и более [3,4]. По результатам обследований [5,6]

железобетонных строительных конструкций выявляются различные ошибки, допущенные при проектировании и технологии изготовления.

Исследование и внедрение железобетонных конструкций продолжается и в XXI веке [7,8]. Актуальным остается вопрос обследования существующих конструкций с целью накопления опыта проектирования, строительства новых зданий и сооружений и безопасной эксплуатации уже возведенных [5,6].

## 2. Постановка задачи

Обследование здания Курского вокзала входило в целевую программу ОАО «РЖД» по реконструкции и капитальному ремонту. На момент начала обследования была информация о проблемах эксплуатации здания вокзала. Целью обследования являлось определение технического состояния здания в целом, а также определение необходимости реконструкции сборного железобетонного покрытия. Для достижения указанной цели была разработана программа работ, задачами которой были поставлены:

- Анализ архивной проектной и исполнительной документации на предмет соответствия современным требованиям и нормам строительства;
- Проведение комплекса физико-механических измерений, а также лабораторных испытаний проблемных конструкций;
- Выполнение поверочного расчета с учетом фактического технического состояния конструкций с применением современных расчетных методов.

## 3. Ход и основные результаты обследования

### 3.1 Историческая справка

Железнодорожный путь, соединивший Москву с Курском, строился с 1866 - 1868 гг. В этот же период существовал и отдельный деревянный Нижегородский вокзал у Покровской заставы, имевший статус временного, с которого уходили поезда в этом направлении. Со временем объем перевозок рос, а постоянное место вокзалу все не могли подобрать. Пришлось вмешаться правительству - оно выкупило дорогу в казну, сделав ее государственной. После этого Курское и Нижегородское направления расположились под крышей одного здания, строящегося тогда на Садовом кольце.

Строительство здания велось по проекту архитектора Орлова Н.П. и закончилось в 1896 году. На вокзальной площади появилось изящное здание с белыми колоннами. С тех пор, правое крыло Курского вокзала отдано нижегородскому (Горьковскому) направлению, а левое - Курскому.

Старое здание Курского вокзала было реконструировано в 1938 году. Для этого в марте 1932 года был проведен конкурс: вначале международный, а затем – открытый всесоюзный.

В 1972 году, вследствие возросшего пассажиропотока, было возведено новое здание вокзала при сохранении старых помещений с колоннадой и богатой лепкой внутри. Старый Курский вокзал стал небольшой внутренней частью нового, сохранив архитектурный декор в одном из центральных залов.



Рисунок 1. Общий вид обследуемого здания

Несущий каркас нового здания выполнен из сборного железобетона и накрыт оригинальной кровлей, выполненной из уникальных сборных железобетонных складок длиной 45 м, опирающихся на два ригеля и имеющих консольные части длиной 6 и 12 м.

С первых лет эксплуатации в новом здании начались протечки. Крыша неоднократно обследовалась и ремонтировалась. В 1975 г. комиссия с участием специалистов института «Мосгипротранс» заключила, что необходимо переустройство кровли. Тем не менее, работы выполнены не были. В 1980 и 1989 годах были проведены неоднократные обследования. По результатам всех обследований подтверждалось неудовлетворительное состояние кровельного покрытия. Кроме того, переувлажнение теплоизоляционных материалов приводило к увеличению их удельного веса и соответственно непроектному режиму работы складок. Также значительные опасения вызывала возможная фильтрация атмосферной влаги через тело железобетонных складок, приводящая, в свою очередь, к коррозии [9, 21, 22] и снижению несущей способности предварительно напряженной арматуры. Начиная с 1994 года в связи с ухудшившимся техническим состоянием железобетонных складок, обследования и мониторинг проводились практически ежегодно вплоть до 1999 года. Во всех проведенных обследованиях указывается необходимость усиления конструкций кровли и дальнейшего наблюдения за ее состоянием. Усиление конструкций не выполнено до сих пор, а возобновление мониторинга началось только в 2007 году.

В 2008 году Фирмой «Гидрол руфинг» выполнен капитальный ремонт кровельного покрытия. В ходе ремонта, по рекомендациям предыдущих обследований, была предпринята попытка осушения теплоизоляционных материалов кровли путем устройства осушительных каналов. Вдоль каналов установлены аэраторы. В 2010 году была выполнена работа по мониторингу несущих конструкций, в результате которой предложено проведение визуально-инструментального обследования, выполненного специалистами Санкт-Петербургского государственного политехнического университета в 2011 году.

### 3.2. Конструктивное решение

Целью проведения обследования являлась оценка технического состояния крыши нового здания Курского вокзала, разработка рекомендаций по ее дальнейшей эксплуатации и, при необходимости, капитальному ремонту или реконструкции.

Исходя из поставленной цели, были выполнены следующие работы:

1. Определение конструктивного решения и плано-высотного положения основных несущих конструкций;
2. Определение параметров бетона и арматуры основных несущих конструкций;
3. Сплошной визуальный контроль основных несущих конструкций;
4. Этап мониторинга за положением несущих конструкций;
5. Другие работы.

Конструктивное решение определялось исходя из анализа имеющейся в наличии документации и проведения выборочных вскрытий несущих конструкций. Для обследования фундаментов были выкопаны два шурфа глубиной 2 м от уровня пола подвала.

Конструктивно, здание представляет собой каркасное сборное строение. Основными несущими конструкциями первого этажа являются две железобетонные многопролетные рамы и железобетонные складки покрытия, уложенные поверх ригелей рам в поперечном направлении. В каждой раме по 11 колонн, установленных с шагом 18 м. Соединение колонн и ригелей жесткое с заведением арматуры и металлического сердечника колонны до верха ригеля.

Складки покрытия (66 штук) выполнены из предварительно напряженного железобетона, армированного семипроволочными прядями диаметром 15 мм частично выключенными из работы. Частичное выключение участков прядей из работы осуществлено путем заключения неработающих частей арматуры в полихлорвиниловые трубки, исключая сцепление арматуры с бетоном. Каждая складка выполнена в виде балочной конструкции открытого трапециевидного сечения. Конструктивная схема работы складки – однопролетная двухконсольная балка с шарнирным опиранием. Для увеличения жесткости покрытия, складки между собой соединены по верху монолитными железобетонными шпонками. Каркас здания разделен деформационными швами на три температурных блока.

Ригели рам трапециевидного сечения. Высота сечения ригелей 2,3 м, ширина в верхней и нижней частях 1,0 и 0,75 м соответственно. У крайних колонн рамы ригель имеет консольные свесы длиной по

7,5 м. В пределах температурного блока ригель бетонировался непрерывно. Под каждую складку в ригеле предусмотрены металлические закладные детали.

Колонны рам переменного по высоте сечения (от близкого к ромбовидному, переходящее в восьмигранное, а затем в прямоугольное) с металлическими сердечниками из прокатного профиля. Высота колонн от уровня пола первого этажа со стороны стеклянного фасада  $\approx 11,6$  м и  $\approx 10,3$  м со стороны старого здания.

Несущие конструкции подвальной части здания преимущественно выполнены из сборного железобетона. Колонны подвального перекрытия квадратные, установлены с шагом 9 м в продольном и поперечном направлениях, высотой  $\approx 4,5$  м. Надподвальное перекрытие выполнено из сборных железобетонных и многпустотных плит. Плиты уложены по ригелям таврового сечения. Под основные колонны рам первого этажа в уровне подвала установлены железобетонные колонны-опоры крестообразного сечения. Опоры колонн армированы вместе с ростверком, образуя тем самым жесткий узел сопряжения.

Фундаменты под колоннами многопролетных рам - отдельно стоящие свайные ростверки. Ростверки объединяют куст из тринадцати свай-стоек. Для исключения вибрационных и ударных воздействий на несущие конструкции станции метро «Курская» и на существующее здание вокзала сваи погружались в грунт в предварительно пробуренные, до отметки кровли трещиноватых известняков скважины, после чего добивались до нулевого отказа. Зазоры между сваей и лидерной скважиной заполнялись цементным раствором.

Вышеописанное конструктивное решение было определено в ходе изучения архивных данных и подтверждено в ходе выполненного обследования.

### 3.3 Результаты вскрытий

Для выполнения инструментальных исследований бетона и арматуры складок покрытия, а также выявления конструктивного решения и состояния кровли были выполнены вскрытия кровельного ковра складок покрытия. В результате 47 вскрытий выявлено:

- Фактический состав кровли соответствует предусмотренному проектом, за исключением дополнительных гидроизоляционных слоев, устроенных в ходе ремонтов в период эксплуатации здания;
- Утеплитель и стяжка, устроенные по днищу складки имеют признаки долговременного замачивания.
- Во время проходящих в период обследования дождей установлены многочисленные протечки гидроизоляционного слоя и, как следствие, фильтрация воды внутри кровельного ковра по утеплителю.
- Протечек на внутренней поверхности кровли не обнаружено, что связано с высокой плотностью и водонепроницаемостью бетона складок, а также работой внутреннего пароизоляционного слоя в качестве гидроизоляционного.

### 3.4 Результаты исследования бетона конструкций

Для определения характеристик железобетонных конструкций была проведена серия полевых и лабораторных исследований. Прочность бетона определялась методами отрыва со скалыванием и упругого отскока [10]. Дополнительно, в местах, имеющих низкие значения усилия вырыва, полученные при исследовании методом отрыва, был произведен отбор образцов-кернов и последующее их испытание. В результате исследования было выявлено, что среднее значение прочности бетона по каждому виду конструкций удовлетворяет проектным требованиям.

Для определения влажностного состояния бетона складок покрытия, были выполнены измерения влажности диэлькометрическим методом. По результатам измерений было выявлено, что влажность бетона стенок и днища складок изменяется в пределах 2,0-3,0% как на внешних участках складок, так и внутри здания вокзала, что соответствует сорбционной влажности бетона. На участках внутренних железобетонных конструкций (ригелей) измеренные значения влажности составили 1,0...2,0 %, что вызвано меньшей влажностью воздуха в помещении вокзала. По полученным данным сделан вывод об отсутствии повышенной влажности бетона складок на участках 27 м пролета, а также наиболее подвергаемого замачиванию участка складок - 6-ти метровой консоли. В зонах непосредственного присутствия влаги на поверхности бетона (торцы 6-ти метровой консоли, увлажненные дождевой водой, фильтрующей по утеплителю кровли) значения измеренной влажности составили 4,0-8,0 %.

В процессе обследования произведены измерения глубины карбонизации бетона складок покрытия, ригелей и колонн. Глубина карбонизации бетона устанавливалась по изменению величины pH путем фенолфталеиновой пробы [11]. По результатам исследований выявлено, что защитный слой бетона конструкций выполняет свои функции по пассивации арматурной стали с точки зрения ее коррозии.

Помимо влажности бетона и глубины его карбонизации на защитные свойства бетона влияет его проницаемость, в том числе для Cl<sup>-</sup> ионов. Данный параметр может быть исследован при помощи измерения удельного электрического сопротивления бетона [12]. Указанный метод широко применяется в Европе и США, а в России он известен мало. Измерения удельного электрического сопротивления выполнялось прибором на основе датчика Веннера. По данным проведенных за рубежом исследований [13,14], критические значения удельного электрического сопротивления, указывающие на возможность протекания коррозии арматуры, имеют следующую величину:

- $\rho \geq 12 \text{ кОм}\cdot\text{см}$       Коррозия мало вероятна;
- $\rho = 8 \text{ т. } 12 \text{ кОм}\cdot\text{см}$       Коррозия вероятна;
- $\rho \leq 8 \text{ кОм}\cdot\text{см}$       Вероятность коррозии высока.

По результатам измерений установлено, что значения удельного электрического сопротивления бетона изменяются в большом диапазоне: от 4,5 до 55,0 кОм\*см. Зоны с низкими значениями удельного электрического сопротивления ( $\leq 8 \text{ кОм}\cdot\text{см}$ ) расположены преимущественно на участке 6-ти метровой консоли. Наиболее высокие значения ( $\geq 12 \text{ кОм}\cdot\text{см}$ ) зафиксированы на стенках складок. Днище складок на всей его протяженности характеризуется средними значениями в диапазоне 7...14 кОм\*см.

Таким образом, результаты измерений свидетельствуют о наличии зон в днище складок покрытия, где коррозия рабочей арматуры либо имеет место, либо высока вероятность ее возникновения в ближайшее время. Полученные результаты были подтверждены визуальными наблюдениями в выполненных вскрытиях.

С целью определения состава бетона, а также для расчета количества ионов Cl<sup>-</sup> в бетоне, выполнен анализ шихтового состава. Анализ произведен по пробам, отобранным из складок. Для выполнения анализа произведено механическое дробление проб с отсевом крупного заполнителя и дальнейшим химическим растворением цементного камня. Процентное содержание составляющих бетона (крупный заполнитель, песок, цементный камень) определялось по процентному соотношению масс остатков. В результате было установлено, что состав бетонной смеси, примененной при строительстве, соответствует проектному.

Для выявления наличия и количества ионов хлора в ходе настоящего обследования произведен химический анализ отобранных проб бетона. Содержание хлор-ионов определяли в водной вытяжке (1:100) кондуктометрическим титрованием. По результатам исследований в бетоне складок выявлено наличие водорастворимых хлор-ионов в количестве не более 0,1 % от массы цемента. Допустимое значение водорастворимых хлор-ионов для преднапряженного железобетона составляет 0,1-0,15 %, что выше фактически определенного значения в бетоне складок.

### 3.5 Результаты исследования канатной арматуры складок покрытия

Для определения прочностных параметров канатной арматуры складок покрытия выполнено испытание на растяжение отобранных образцов. В ходе испытаний растяжению и разрыву подвергались отдельные пряди арматурных канатов. Перед проведением испытаний канат был разбит, пряди выгнуты до прямолинейного состояния и очищены от грязи и коррозии. В результате испытаний выявлено, что прочность арматурных прядей, отобранных из мало поврежденных коррозией зон, превышает проектное значение. Пластичность стали в несколько раз ниже, чем требуется по нормативной документации на арматурные канаты. Исходя из этого, высока вероятность хрупкого обрыва канатов, без предварительного трещинообразования в теле бетона складок, в случае увеличения интенсивности коррозии или нагрузок на складки.

Для определения состояния арматурных канатов была проведена серия инструментально-визуальных наблюдений [15] из мест выполненных вскрытий. В результате было установлено, что в местах доступа к арматуре влаги имеет место коррозионное повреждение пятнами и язвами с максимальным зафиксированным значением до 45% площади сечения прядей (рисунок 2). Однако, на участках вскрытий, расположенных вне зон увлажнения бетона, коррозия имеет поверхностный характер и распространяется только по канавкам между прядями.



Рисунок 2. Состояние арматурных канатов

### 3.6 Результаты геодезических измерений

Для определения плано-высотного положения здания вокзала был проведен комплекс геодезических измерений, включавший в себя определение существующих деформаций и перемещений и мониторинг несущих конструкций, заключающийся в высокоточном нивелировании по маркам складчатого покрытия и колонн. Все работы проводились с помощью лазерного электронного тахеометра методом тригонометрического нивелирования.

Выявление существующих деформаций ригелей и складок покрытия заключалось в определении высотных отметок точек, расположенных на верхней и нижней поверхностях днища складок и нижней грани ригелей покрытия. Измерения по верхней части днища складок осуществлялись снаружи помещения, с поверхности кровли.

Для проведения мониторинга несущих конструкций было определено плано-высотное положение установленных при предыдущем обследовании марок и проведено сопоставление с первоначальными высотными отметками. Таким образом, было определено изменение геометрии кровли и просадка колонн в период с 2007 по 2011 год.

В результате было выявлено, что наибольшая осадка марок складчатого покрытия составляет 20,9 мм в опорной зоне и 18,1 мм в пролетной зоне. Наибольшая осадка марок колонн составляет 11,7 мм.

В результате анализа данных, полученных по результатам измерений, проведенных по нижней поверхности складок, было установлено, что максимальный прогиб пролетной части складки составил 81 мм при допустимом значении 90 мм по эстетико-психологическим требованиям, регламентируемым СП. По конструктивным требованиям допустимый прогиб составляет 54 мм. 12-метровые консольные участки складок имеют значительный выгиб.

### 3.7 Результаты поверочных расчетов

Проблемы, возникающие при проведении поверочных расчетов эксплуатируемых конструкций достаточно полно описаны в работе [16]. Обследуемое здание является уникальным. Выполнение расчета по идеализированной двумерной расчетной схеме, нецелесообразно, а восстановление расчетных схем и предположений, принятых при проектировании, невозможно. Поэтому для анализа остаточной несущей способности и отказоустойчивости обследуемых конструкций были разработаны и рассчитаны пространственные модели отдельной складки покрытия (рисунок 3) и здания вокзала в целом (рисунок 4) [19, 20]. В расчетах учтены фактические габаритные размеры, прочностные и деформационные характеристики бетона и арматуры. Проведено сопоставление фактических деформаций с результатами нескольких вариаций расчета.



Рисунок 3. Общий вид модели 1 – складка покрытия

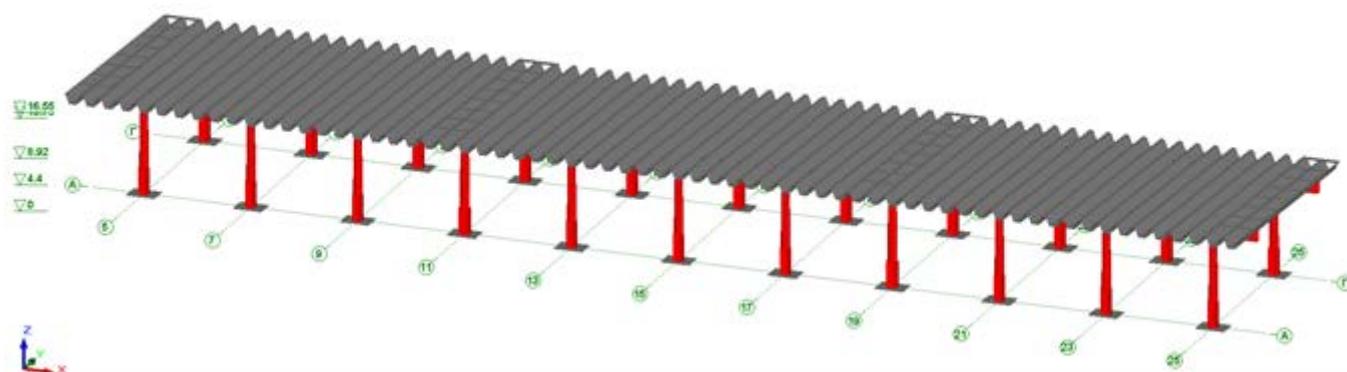


Рисунок 4. Общий вид модели 2 – каркас здания

По результатам выполненного комплекса статических прочностных расчетов при расчетных нагрузках основного сочетания (без учета вибрационных транспортных воздействий) для элементов складчатого покрытия не обеспечиваются требования по второй группе предельных состояний. При определенных условиях (уровне потерь преднапряжения, коррозионном микрорастрескивании канатов) для складок покрытия имеются неуправляемые риски нарушения нормативных требований и по первой группе предельных состояний.

По причине снижения пластичности высокопрочной проволоки прогнозируется хрупкое (мгновенное) разрушение элементов покрытия с каскадным (лавинообразным) обрывом преднапряженных канатов.

#### 4. Выводы по результатам обследования

По результатам проведенного обследования сделаны следующие выводы:

1. Основная часть повреждений конструкций покрытия вызвана нарушениями гидроизоляционного ковра покрытия, систематическими нарушениями правил эксплуатации и низким качеством проводимых ремонтов;
2. Работы по усилению складок покрытия, рекомендованные в большинстве отчетов предыдущих обследований, до настоящего времени не выполнены;
3. По результатам анализа проектной документации и проходки шурфов установлен тип использованных в строительстве фундаментов. Поверочный расчет показал, что несущая способность фундаментов обеспечена. Признаков неравномерной осадки не выявлено. Техническое состояние фундаментов – исправное;
4. Железобетонные колонны несущих рам имеют сложное, переменное по высоте, сечение, соответствующее проектному решению. Значительных дефектов и повреждений при визуальном осмотре не выявлено. По результатам измерения прочности бетона установлено, что прочность бетона всех колонн, на которых производились измерения, за исключением одной, имеет прочность, превышающую проектную. По результатам расчета требуемая несущая способность и жесткость всех колонн обеспечена. Техническое состояние оценивается как работоспособное;
5. Железобетонные монолитные ригели покрытия выполнены в виде неразрезной многопролетной балки. Бетон ригелей характеризуется высокой однородностью, а так же высоким значением прочности, превышающим проектное. Вместе с тем, на боковых гранях ригелей зафиксированы трещины, свидетельствующие об их деформации из плоскости рам. Армирование ригелей, выявленное методами неразрушающего контроля [15], соответствует проектному. По результатам расчета несущая способность и жесткость ригелей обеспечена. Техническое состояние ригелей работоспособное;
6. Кирпичные стены старого здания вокзала, примыкающие к пристроенному в 1972 г. зданию, а также железобетонная стена находятся в работоспособном состоянии. При визуальном обследовании каких-либо дефектов, свидетельствующих о снижении несущей способности, и неравномерных деформаций не обнаружено;
7. Складчатое покрытие здания выполнено из отдельных предварительно напряженных железобетонных складок приобъектного изготовления. Размеры сечения и армирование складок в целом соответствует проекту. Прочность бетона складок характеризуется высокими значениями. Однако имеет место большая неоднородность прочности с минимальными значениями меньше проектной марки

M500 (класс В35/В40). Глубина карбонизации бетона не превышает величину защитного слоя. Однако бетон складок, особенно в зонах долговременного замачивания, имеет высокую проницаемость. Защитные свойства бетона по отношению к арматуре на ряде участков значительно снижены. В связи с этим имеет место коррозия арматуры. Коррозионные повреждения арматурных канатов имеют различную степень - от мелких коррозионных пятен и налета по канавке между прядями до коррозионных язв (с потерей до 45% сечения) и 100% разрушением сечения канатов (на торцах складок). Особую опасность представляют коррозионные повреждения высокопрочной проволоки в сечениях днища с трещинами (зафиксированы предыдущими обследованиями). Вертикальные прогибы складок по результатам геодезических измерений превышают регламентированные СП значения. Одной из причин этого может являться частичный выход из работы предварительно-напряженных канатов днища. По результатам механических испытаний арматуры выявлено значительное (более чем в 4 раза) снижение пластичности стали арматурных канатов;

8. В связи с неудачным проектным решением светопрозрачных элементов крыши и некачественно выполненной гидроизоляции, а также отсутствием своевременного ремонта кровли, железобетонные складки покрытия систематически замачивались и испытывали циклы замерзания-оттаивания во влажном состоянии. Кровельный ковер вследствие длительного замачивания находится в недопустимом состоянии и требует полной замены;

9. Выполненные расчеты элементов складчатого покрытия показали, что нормативные требования по предельным состояниям второй группы не обеспечиваются. При определенных условиях (уровне потерь преднапряжения, коррозионном микрорастрескивании канатов) для складок покрытия имеются неуправляемые риски нарушения нормативных требований и по первой группе предельных состояний;

10. Из-за снижения пластичности преднапряженных канатов расчетами прогнозируется хрупкое, без видимых приращений прогибов, разрушение элементов покрытия, обусловленное каскадным обрывом канатов;

11. С учетом вышеизложенного следует признать, что конструкция складчатого покрытия здания Курского вокзала находится в состоянии, которое характеризуется снижением несущей способности и эксплуатационных характеристик, наличием опасности для пребывания людей и, согласно СП 13-102-2003 [17, 18], классифицируется как недопустимое.

12. Учитывая недопустимое состояние складчатого покрытия, необходимо в кратчайшие сроки принять решение о проведении его реконструкции. Любые работы по его реконструкции возможно проводить только с выводением здания вокзала из эксплуатации.

## 5. Заключение

Уникальные здания и сооружения характерны как архитектурной выразительностью, так и применением технически сложных конструктивных решений. Использование однотипных сборных железобетонных конструкций, например складок, в значительной степени снижает выразительность здания.

Для большепролетных предварительно напряженных железобетонных конструкций требуется создание дорогостоящих стальных опалубок с силовыми домкратами для натяжения арматуры и участка автоклавной обработки. Установка таких конструкций в рабочее положение производится козловыми кранами с большой грузоподъемностью. Повторное применение таких опалубок снизило бы стоимость изделий, однако, с другой стороны, превратило бы здание из уникального в типовое.

Таким образом, по мнению авторов, использование подобных конструктивных решений покрытия в уникальных зданиях нецелесообразно. Применение железобетонных складок, аналогичных использованным на Курском вокзале, в типовых зданиях промышленного либо спортивного назначения возможно при соответствующей доработке конструктивного решения.

Необходимо отметить, что применение экспериментальных и уникальных конструкций в зданиях с большим скоплением людей без использования систем мониторинга и контроля напряжений в конструкциях недопустимо.

## Литература

1. Белов В. В. Силовое сопротивление массивных бетонных и железобетонных конструкций с трещинами и швами: Дис. на соиск. учен. степ.д.т.н. Спец. 05.23.07. С-Пб., 1998. 376 с.
2. Yuanming L., Wenbin Y. Analytical solution for forced vibration of a simply-supported V-shaped folded plate roof // *Thin-Walled Structures*. 2002. Vol. 40. Issue 3. Pp. 215-223.
3. Куршпель А. В. Исследование физико-механических свойств старого бетона в сооружениях Уральского региона: Дис. на соиск. учен. степ. к.т.н. Спец. 05.23.01. Екатеринбург, 2005. 153 с.
4. Łowińska-Kluge A., Błaszczuński T. The influence of internal corrosion on the durability of concrete // *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2012. Vol. 12. Issue 2. Pp. 219-227.
5. Меркулов С. И. Конструктивная безопасность железобетонных элементов реконструированных зданий и сооружений: Дис. на соиск. учен. степ. д.т.н. Спец. 05.23.01. Орел, 2004. – 470 с.
6. Чебоксаров Д. В. Оценка конструкционной безопасности эксплуатируемых зданий: Дис. на соиск. учен. степ. к.т.н. Спец. 05.23.01. Челябинск, 2011. 176 с.
7. Чаганов А. Б. Прочность и жесткость железобетонных ребристых плит с нарушением сцепления арматуры с бетоном: Дис. на соиск. учен. степ. к.т.н. Спец. 05.23.01. М., 2008. 158 с.
8. Штенгель В. Г. Совершенствование ультразвуковых методов диагностирования бетонных и железобетонных элементов гидротехнических сооружений: Дис. на соиск. учен. степ. д.т.н. Спец. 05.23.07. С-Пб., 2003. 166 с.
9. Ветров С.Н. Специфика обследования состояния железобетонных конструкций в условиях агрессивного воздействия воды // *Инженерно-строительный журнал*. 2010. №7(17). С.35-40.
10. Улыбин А. В. О выборе методов контроля прочности бетона построенных сооружений // *Инженерно-строительный журнал*. 2011.№ 4(22). С.10-15.
11. Пузанов А. В., Улыбин А. В. Методы обследования коррозионного состояния арматуры железобетонных конструкций // *Инженерно-строительный журнал*. 2011. № 7(25). С.18-24.
12. Ватин Н. И., Улыбин А. В., Сапегин Д. С. Химическое повреждение железобетонных конструкций // *Инфстрой*. 2006. №4. С.14-16.
13. Gowers K. R, Millard S. G. Measurement of concrete resistivity for assessment of corrosion severity of steel using Wenner technique // *ACI Mater J*. 1999. September October. Pp.536-541.
14. Polder R. B. Test methods for on-site measurement of resistivity of concrete - a RILEM TC-154 technical recommendation // *Construction and Building Materials*. 2001. №15. Pp.125-131.
15. Улыбин А. В. Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкций // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. № 1. С. 4-13.
16. Штенгель В. Г. Общие проблемы технического обследования неметаллических строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений // *Инженерно-строительный журнал*. 2010. №7. С. 4-9.
17. Ватин Н. И., Улыбин А. В., Огородник В. М. ГОСТ Р 53778-2010: обследование инженерных сетей и другие особенности нового нормативного документа // *Инженерно-строительный журнал*. 2011. № 1. С. 5-7.
18. Улыбин А. В., Ватин Н. И. Принципиальные отличия ГОСТ Р 53778-2010 от старых нормативов по обследованию зданий и сооружений // *Гидротехника*. 2011. № 2. С. 54.
19. Paterson A. M., Dowling G. R., Chamberlain D. A. Building inspection: can computer vision help? // *Automation in Construction*. 1997. Vol. 7. Issue 1. Pp. 13–20.
20. Barbanentea A., Maiellarob N. An intelligent assistant for building inspection // *Computers, Environment and Urban Systems*. 1998. Vol.22. Issue 3. Pp. 257–275.
21. Овчинников И. И. Современное состояние проблемы расчета армированных конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2012. № 2. С. 46-60.
22. Овчинников И. И. Современное состояние проблемы расчета армированных конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред с учетом коррозионного растрескивания // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2012. № 3. С. 18-31.