



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 624.21

ОБСЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДЕМОНТИРУЕМЫХ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ

¹Зиннуров Т.А., ²Ионов И.А.

¹ФГБОУ ВО «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», Казань, Россия, (420043, Республика Татарстан, город Казань, Зеленая ул., д.1), e-mail: leongar@mail.ru

²ООО «ГРАДПРАКТИКА», Москва, Россия (115280, город Москва, ул Ленинская Слобода, д. 26, эт/ном/ком 4/XXXII-73/1), e-mail: igor.pwt@mail.ru

Статья посвящена вопросам предотвращения аварий при демонтаже стальных и железобетонных пролетных конструкций с дефектами. В ней содержится описание и анализ различных методов демонтажа, а также указаны ключевые элементы отчета об обследовании и необходимые расчеты, основываясь на выбранном способе демонтажа. Рассматриваются специфические аспекты расчета несущей способности и грузоподъемности конструкций с дефектами. В статье описан пример опасного дефекта – провисания - и методы его выявления.

Ключевые слова: Сталежелезобетонные пролетные строения, демонтаж, обследование, оценка несущей способности, дефекты, провисание.

THE SURVEY AND THE CALCULATION OF THE CARRYING CAPACITY OF DISMANTLED COMPOSITE BRIDGE SPANS

¹Zinnurov T.A., ²Ionov I.A.

¹KAZAN STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING, Kazan, Russia, (420043, Republic of Tatarstan, Kazan, Zelenaya str., 1), e-mail: leongar@mail.ru

²GRADPRAKTIKA LLC, Moscow, Russia (115280, Moscow, Leninskaya Sloboda str., 26, fl/pom/kom 4/XXXII-73/1), e-mail: igor.pwt@mail.ru

The article is devoted to the issues of accident prevention during dismantling of steel and reinforced concrete span structures with defects. It contains a description and analysis of various dismantling methods, as well as key elements of the survey report and the necessary calculations based on the selected dismantling method. Specific aspects of calculating the bearing capacity and load-bearing capacity of structures with defects are considered. The article describes an example of a dangerous defect - sagging - and methods for its detection.

Keywords: Composite beam spans, dismantling, survey, calculation of carrying capacity, calculation of load capacity, defects, sagging.

Введение

Сталежелезобетонные мосты – одна из самых распространенных конструкций мостов, применяемая с 40-50-х гг. XX века. Такие конструкции мостов имеют ряд преимуществ перед стальными – ж/б плита проезжей части дешевле и проще в изготовлении, чем ортотропная металлическая конструкция. Одним из авторов, заложившим базу для применения комбинированных конструкций стал Е.Е. Гибшман [1]. Профессор описал в своей работе основные принципы конструирования и расчета таких мостов. Продолжили совершенствовать подходы к применению сталежелезобетона Н.Н. Стрелецкий, П.М. Саламахин, С.А.

Ильясевич [2-4]. Современное состояние вопроса проектирования и расчета таких конструкций широко изучено М.М. Корнеевым, П.П. Ефимовым [5-8]. Численное моделирование сложных конструкций – неотъемлемая часть современного проектирования. В работах [9-13] описано приложение современных методов расчета комбинированных систем с использованием программных комплексов.

Срок службы сталежелезобетонных пролетных строений мостов согласно СП 35.13300 составляет 100 лет, срок для первого ремонта 50 лет, срок службы после ремонта не менее 25 лет. Логично, что сооружения, построенные в середине XX века подходят к концу своего срока службы. Если пролетное строение сильно изношено, то ремонт может быть экономически нецелесообразен, и следует заменить пролетное строение на новое. Исследования в области обследования, оценки, ремонта и реконструкции проводились Бокаревым С. А., Быстровым В. А., Феоктистовой Е. П. и др. [14-18]. Демонтаж пролетных строений описан в работе [19], однако автор не приводит описания работ по демонтажу сталежелезобетонной конструкции.

В ходе работ по реконструкции сталежелезобетонных балочных мостов не редко случаются аварии и обрушения несущих конструкций. Авторы считают, что главные причины аварий на таких мостах: несоблюдение организациями технологии производства работ, предусмотренной проектом, вследствие незнания принципов работы конструкции; ошибки проектной и рабочей документации.

Цель исследования авторов – осветить вопросы обследования и оценки сталежелезобетонных пролетных строений мостовых сооружений с дефектами при проектировании их демонтажа.

Для достижения целей работы подробно разобраны способы демонтажа, приведен перечень необходимой документации, перечень расчетов для проекта демонтажа, разобран случай одного из распространенных дефектов – провисания, вызванного расстройством шва объединения железобетонной плиты со стальной частью.

Материалы и методы

Оценка несущей способности пролетного строения чаще всего требуется при разработке проектной документации по реконструкции (капитальному ремонту) сооружения для выбора способа реконструкции или полной замене пролетного строения. Чаще всего после предпроектного обследования без оценки несущей способности принимается решение о замене пролетного строения в связи с несоответствием его актуальным требованиям (по габариту проезда, по грузоподъемности, по безопасности), наличием дефектов (мостового полотна, пролетного строения, опорных частей и др.). Корректность таких решений не оспаривается. При этом необходимость оценки несущей способности пролетного строения зачастую не отпадает, поскольку усилия, возникающие при его демонтаже (в зависимости от способа), могут в некоторых элементах превышать эксплуатационные. Однако, в процессе работ по демонтажу пролетного строения в нем могут возникнуть усилия, превышающие эксплуатационные, что при отсутствии оценки несущей способности может привести к аварии.

Нормативные документы ОДН 218.0.032-2003, СП 79.13330, СТО 002494680-0032-2004 подробно описывают содержание, виды и состав работ производимых обследований. Заказчик не всегда способен правильно оценить результаты обследования, в результате чего могут быть приняты некорректные решения в проекте демонтажа.

Рассмотрим способы и порядок демонтажа сталежелезобетонных пролетных строения:

- Разборка на временных опорах. Под пролетное строение с шагом 8...12 м устанавливаются временные опоры, производится его демонтаж. При данном способе последовательность разборки большого значения не имеет, допустимо использование ударной техники для демонтажа плиты. Способ требует минимум исходных данных и минимум расчетов, но является наиболее затратным и не везде применим.
- Демонтаж взрывом. Применяется достаточно редко ввиду ограниченной применимости, отсутствия у заказчика опыта производства взрывных работ, отсутствия нормативной базы. Способ требует больше исходных данных, чем способ 1. Так, в частности, для расчета мощности взрыва требуется точно знать геометрические характеристики.
- Демонтаж сбрасыванием. Производится сдвижкой пролетного строения на временные опоры с последующим опрокидыванием. Применяется редко, имеет низкую стоимость реализации, имеет значительные ограничения по области применения. Данному динамическому воздействию посвящена работа [20].
- Поэтапная разборка. В разных вариантах это самый распространенный метод. Рассмотрим общую последовательность разборки:
 - Демонтаж элементов мостового полотна;
 - Демонтаж плиты проезжей части;
 - Демонтаж металлоконструкций блоков главных балок.

Используются следующие способы: выкатка стальной части пролетного строения, демонтаж плетей блоков главных балок с использованием кранов. В данном способе могут применяться одна или несколько временных опор. Если известна технология монтажа, то демонтаж следует производить в обратной последовательности. Способ требует максимальную полноту исходных данных, является наиболее трудоемким с точки зрения проектирования и реализации, но при этом наиболее дешевый (если не рассматривать демонтаж взрывом).

Далее рассмотрим способ демонтажа поэтапной разборки. Для разработки проектной (рабочей) документации организации – разработчику проекта для изучения и анализа, должна предоставляться следующая документация:

- Проектная документация на строительство;
- Исполнительная документация по строительству;
- Проектная документация на ремонты (если проводились);
- Исполнительная документация по ремонтам (если проводились);
- Технический паспорт мостового сооружения;
- Книга моста (если она имеется);
- Отчеты о предпроектном и других (если проводились) обследованиях и испытаниях.

Зачастую часть перечисленной документации отсутствует.

Приведем минимальный набор данных по пролетному строению, требуемых в общем случае (при варианте демонтажа поэтапной разборкой) для разработки документации по его демонтажу, который должен содержаться в отчете о предпроектном обследовании:

- Схема моста;

- Габарит проезда и полная ширина пролетного строения;
- Расстояния между осями главных балок, между поперечными связями, расположение продольных и поперечных ребер стенок балок;
- Эпюра материалов пролетного строения;
- Конструкция продольных и поперечных связей, домкратных балок;
- Геометрические размеры плиты проезжей части; наличие трещин и ширина их раскрытия (максимальный шаг измерения бм);
- Данные об элементах мостового полотна, толщины слоев дорожной одежды (максимальный шаг измерения бм);
- Марки сталей и бетона конструкций;
- Данные об армировании в зонах промежуточных опор;
- Данные о конструкции шва объединения
- Вертикальные профили (продольный и поперечный) проезжей части и блоков главных балок (желательно в уровне верха или низа вертикальной стенки);
- Ведомость дефектов, фотоотчет.

Приведем перечень расчетов, необходимых при разработке документации по демонтажу.

В первую очередь следует определить действующие усилия от постоянных и временных нагрузок на стадии эксплуатации. Далее следует определить усилия, возникающие при предполагаемом способе демонтажа, и сравнить их с эксплуатационными. В случае если последние ниже, рекомендуется рассмотреть возможность снизить усилия, возникающие при демонтаже.

В оценке несущей способности пролетного строения нет необходимости в следующих ситуациях: когда достоверно известна технология строительства, отсутствие значимых дефектов в конструкции, демонтаж выполняется строго в обратной последовательности монтажа, и пролетное строение дополнительно «облегчено» (удалены консоли, смонтированы дополнительные временные опоры). В остальных случаях оценка несущей способности пролетного строения обязательна.

Достоверную картину НДС (напряженно-деформированного состояния) пролетного строения возможно получить лишь имея полный набор данных предпроектного обследования, а также вышеперечисленную документацию по пролетному строению, достоверно зная стадийность сооружения.

При отсутствии проектной и рабочей документации, данных о технологии строительства, опираясь на данные предпроектного обследования возможно получить пределы сформировавшихся напряжений и усилий. Определяющим фактором в таком случае, как правило, являются критерии прочности и устойчивости конструкции. Производится два постадийных расчета.

Неблагоприятная последовательность производства работ для НДС стальных главных балок – плита проезжей части бетонируется (монтируется, в случае укладки сборных плит) в одну стадию. После набора прочности плиты (участков омоноличивания) в работу сооружается мостовое полотно;

Неблагоприятная последовательность производства работ для НДС плиты проезжей части - сборка блоков главных балок и бетонирование плиты (либо укладка сборных плит и омоноличивание швов) выполняется на временных опорах, расположенных с шагом 8...12 м.

После включения плиты в работу временные опоры демонтируются, прикладывается нагрузка от мостового полотна.

В расчетах при отсутствии данных об арматуре, она не учитывается.

Расчеты следует производить с учетом возможности образования трещин. При отсутствии данных об арматуре принимается, что в сечениях на промежуточных опорах плита не воспринимает растягивающих усилий (работает только стальное сечение).

Результатом этих расчетов являются огибающие эпюры напряжений и усилий, показывающие возможное НДС пролетного строения.

Затем производится расчет пролетного строения с дефектами на стадии эксплуатации и стадийный расчет демонтажа. Результаты сравниваются эксплуатационными. Усилия при демонтаже должны быть меньше минимальных теоретических усилий при эксплуатации с дефектами.

Один из самых распространенных видов дефектов сталежелезобетонных пролетных строений – провисание.

Провисание пролетного строения – такой фактический продольный профиль при действии постоянных нагрузок, который ниже линии проектного продольного профиля.

Возможные причины провисания:

1. Отступления от проектной технологии (этапности) сооружения железобетонной плиты;
2. Отсутствие учета (или некорректный учет) ползучести бетона в проекте;
3. Сверхпроектные постоянные нагрузки (увеличение веса дорожной одежды при неквалифицированном ремонте);
4. Остаточные деформации вследствие пропуска нерасчетных тяжелых временных нагрузок;
5. Расстройство шва объединения железобетонной плиты со стальной частью.

Первая причина не может быть выявлена без наличия исполнительных съемок продольного профиля главных балок пролетного строения, как на стадиях монтажа, так и перед приемкой в эксплуатацию.

Вторая причина может быть определена расчетным путем, но для этого необходимы соответствующие исходные данные. В 1950-1960-х годах не было достаточного опыта эксплуатации сталежелезобетонных пролетных строений, явление ползучести могло быть не учтено или учтено не в полной мере.

Третья причина выявляется при квалифицированном обследовании.

Четвертую причину невозможно выявить без данных о пропуске сверхтяжелых нагрузок по пролетному строению.

Последняя причина наиболее опасна. Расстройство шва объединения превращает сталежелезобетонную конструкцию в стальную, металлическая часть испытывает усилия, не предусмотренные проектом.

Данный дефект легко выявляется в процессе проведения испытаний. При динамических испытаниях превышение фактического периода собственных колебаний над расчетным может указывать на нарушение работы шва объединения. Аналогично, увеличение прогибов, измеренных в результате статических испытаний также может свидетельствовать о наличии данного дефекта.

В ходе статических испытаний можно точно определить зоны, где произошло нарушение работы шва, путем измерения изменений значений напряжений, как фибровых, так и по верхней и нижней частям стенки. Эти изменения наглядно демонстрируются в результатах расчета задачи (Рисунки 1-4).

Результат и обсуждение

Для наглядности выводов о влиянии расстройтва шва объединения на НДС конструкции рассмотрена следующая задача: неразрезное трехпролетное сталежелезобетонное пролетное строение по схеме 18+27+18м, нагруженное равномерно распределенной по плите нагрузкой, высота стальной балки 1.2м, толщина железобетонной плиты 0.25м. Рассмотрены 4 расчетных случая:

Сталежелезобетонная конструкция работает, как единое целое, без дефектов шва (Рисунок 1);

Полное расстройство шва объединения (Рисунок 2);

Расстройство шва объединения на участках в пролетах (Рисунок 3);

Расстройство шва объединения в опорных участках на промежуточных и крайних опорах (Рисунок 4).

Ниже приведены результаты расчетов. На (Рисунки 1-4) показан фасад балки, в цвете показаны только сжимающие напряжения, растянутые участки окрашены серым цветом.

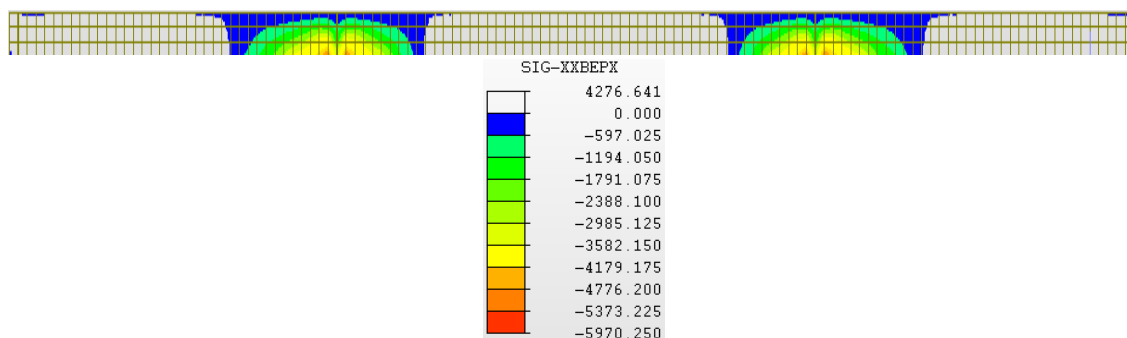


Рисунок 1 - Распределение нормальных напряжений в балке, тс/м². Расчетный случай 1

В первом случае центр тяжести сечения расположен вблизи верхнего пояса.

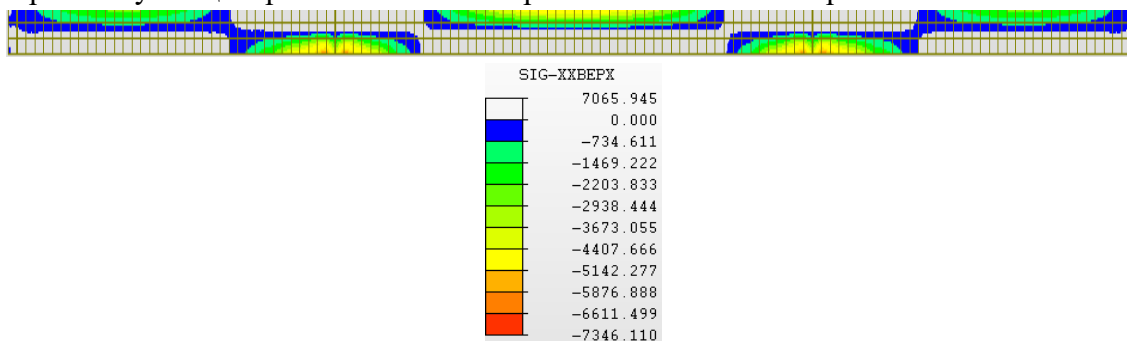


Рисунок 2 - Распределение нормальных напряжений в балке, тс/м². Расчетный случай 2

Во втором случае центр тяжести сечения расположен вблизи середины стенки. Стальная балка работает отдельно от плиты.

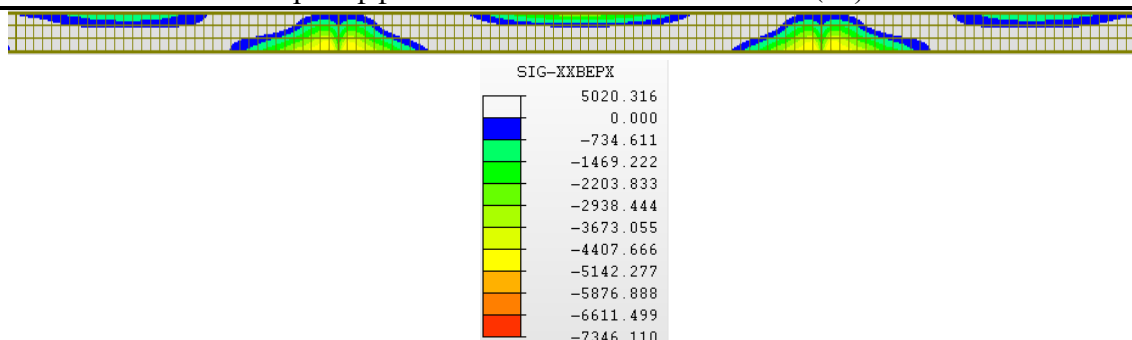


Рисунок 3 - Распределение нормальных напряжений в балке, тс/м². Расчетный случай 3

В третьем случае стальная балка работает отдельно от плиты на участках в пролетах.

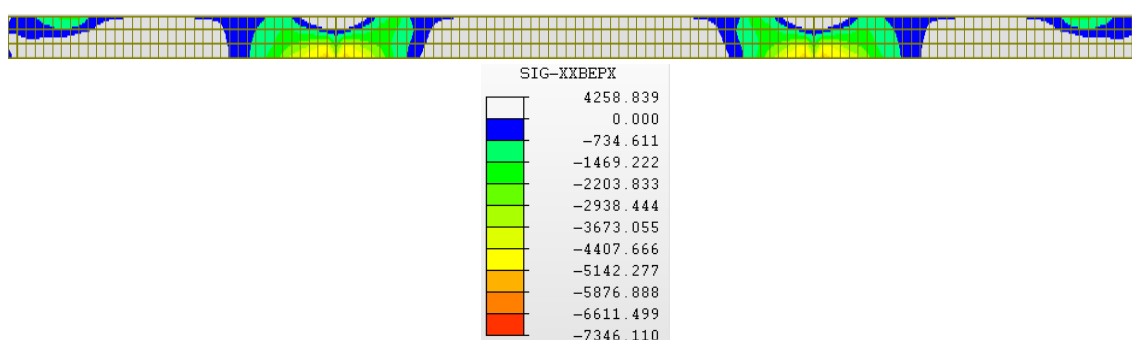


Рисунок 4 - Распределение нормальных напряжений в балке, тс/м². Расчетный случай 4

В четвертом случае стальная балка работает отдельно от плиты на опорных участках.

Аналогичную картину можно получить на практике при производстве статических испытаний путем постановки с определенным шагом в верхней и нижней зоне стенки датчиков (тензодатчики), измеряющих относительную деформацию, по которой вычисляется изменение напряжения. Далее расчетным путем, сравнивая результаты со значениями, полученными на практике, достаточно точно можно выявить зоны пролетного строения с нарушением работы шва объединения. При этом следует иметь в виду, что возможен нелинейный закон работы шва. Например, на определенном участке произошло смятие бетона в зоне упоров, сдвигающие усилия перераспределяются на соседние участки. При малых нагрузках на этом участке (где нарушена работа шва) в сечении может работать только стальная балка, при увеличении нагрузки плита может частично вовлекаться в работу. То есть статическую нагрузку рекомендуется прикладывать поэтапно, производя при этом измерения.

В соответствии с СТО 002494680-0032-2004, выявление зон с нарушением работы шва объединения рекомендуется производить визуально, либо путем измерения смещения плиты относительно стальной балки. Также в СТО указано, что смещение экспериментально определенного положения нейтральной оси сечения вниз может свидетельствовать о расстройстве шва в непосредственной близости к рассматриваемому сечению.

Заключение

1. Для безопасного демонтажа сталежелезобетонных пролетных строений необходимо правильно собрать как можно более полный набор исходных данных о конструкции. В случае

отсутствия достоверной информации о технологии производства плиты следует предположить наиболее неблагоприятную последовательность работ.

2. Следует подчеркнуть, что определить сформировавшуюся несущую способность конструкции сталежелезобетонного пролетного строения в процессе испытаний невозможно. Доступные средства измерений позволяют с достаточной точностью фиксировать изменения напряжений и перемещений в зависимости от приложенной нагрузки, однако они не способны выявить реальные действующие в элементе напряжения.

3. Дефекты пролетного строения могут повлечь аварию при выполнении демонтажа. Один из самых распространенных дефектов – расстройство шва объединения можно обнаружить и оценить способами, описанными в статье.

Список литературы

1. Гибшман Е. Е. Мосты со стальными балками, объединёнными с железобетонной плитой. М.: Дориздат, 1952. - 86 с.
2. Стрелецкий Н. Н. Сталежелезобетонные пролетные строения мостов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 360 с.
3. Саламахин П. М. Инженерные сооружения в транспортном строительстве. М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 352 с.
4. Ильясевич С. А. Металлические коробчатые мосты. М.: Транспорт, 1970 – 280 с.
5. Корнеев М. М. Сталежелезобетонные мосты: теоретическое и практическое пособие по проектированию. – СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. – 400с.
6. Ефимов П. П. Проектирование мостов. Омск, 2006. – 110 с.
7. Корнеев М. М. Стальные мосты. К., 2003. – 547 с.
8. Корнеев М. М. Стальные мосты. Теоретическое и практическое пособие по проектированию мостов в двух томах. К.: Издательство «Академпред», 2010. – Т. 1. – 532 с.
9. Шишов М. А. Особенности расчета и проектирования шва объединения железобетонной плиты со стальной конструкцией в сталежелезобетонных пролётных строениях автодорожных мостов / М. А. Шишов, А. А. Галимзянов // Транспортное строительство. – 2016. – № 3. – С. 3–6.
10. Метод изготовления предварительно напряженных конструкций с композитным армированием и композитным фибробетоном / Т. А. Зиннуров, А. А. Пискунов, О. К. Петропавловских [и др.] // Транспортные сооружения. – 2017. – Т. 4, № 2. – С. 5. – DOI 10.15862/05TS217. – EDN ZEKYSD
11. Зиннуров, Т. А. Исследование совместной работы деревянных составных балок / Т. А. Зиннуров, К. А. Нурмухаметов // Современное строительство и архитектура. – 2017. – № 4(08). – С. 20-23. – DOI 10.18454/mca.2017.08.4. – EDN ZUCURP.
12. Мирсяяпов И. Т. Исследование напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных балок с частичной заделкой двутавровых сечений в бетоне / И. Т. Мирсяяпов, И. М. Гиматдинов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2022. – № 3(61). – С. 56-66. – DOI 10.52409/20731523_2022_3_56. – EDN FDMELF.
13. Мирсяяпов И. Т. Исследование напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных балок нового типа железнодорожных мостов / И. Т. Мирсяяпов,

- А. Т. Валиев // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2023. – № 1(63). – С. 31-42. – DOI 10.52409/20731523_2023_1_31. – EDN ECDUWC.
14. Бокарев С. А. Об эффективности некоторых способов оценки технического состояния сталежелезобетонных пролетных строений / С. А. Бокарев, Л. Ю. Соловьев, Д. Н. Цветков // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. – 2007. – № 14. – С. 162-167. – EDN UJIVX.
15. Быстров В. А. Методика определения ресурса конструкций сталежелезобетонных и металлических мостов с учетом их фактической динамической нагруженности и дефектности / В. А. Быстров // Инновации и долговечность объектов транспортной инфраструктуры (материалы, конструкции, технологии): Материалы научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 14 ноября 2018 года / Под редакцией М. П. Клековкиной. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – С. 84-89. – EDN QXVEMO
16. Феоктистова Е. П. Оценка остаточного усталостного ресурса металлических балок сталежелезобетонных пролетных строений автодорожных мостов / Е. П. Феоктистова // Транспортные сооружения. – 2019. – Т. 6, № 3. – С. 13. – EDN SYASXU.
17. Быстров В. А. Проблемы обоснования режимов фактической динамической нагруженности и ресурса долговечности конструкций сталежелезобетонных автодорожных и городских мостов / В. А. Быстров, Н. В. Козак, Д. А. Ярошутин // Транспортные сооружения. – 2019. – Т. 6, № 4. – С. 5. – DOI 10.15862/06SATS419. – EDN GBIJSS.
18. Н. В. Козак, А. В. Сырков, В. А. Быстров, Д. А. Ярошутин. Анализ влияния отказов элементов объединения на эксплуатационную надежность сталежелезобетонных пролетных строений автодорожных мостов // Транспортные сооружения. – 2023. – Т. 10, № 3. – DOI 10.15862/07SATS323. – EDN STEARU
19. Веселовский В. Ю. Анализ современных методов демонтажа пролетных строений / В. Ю. Веселовский // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2013. – Т. 3. – С. 100-109. – EDN QCVGQX.
20. Зылева Н. В. Оценка динамических воздействий на наземные сооружения при демонтаже пролетного строения методом сбрасывания / Н. В. Зылева // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2007. – № 3(16). – С. 139-147. – EDN JUCZXZ.

References

1. Gibshman E. E. Bridges with steel beams combined with a reinforced concrete slab. M.: Dorizdat, 1952. - p. 86
2. Streletsky N. N. Steel-reinforced concrete superstructures bridges. 2nd ed., reprint. and additional. – M.: Transport, 1981. – p. 360
3. Salamakhin P. M. Engineering structures in transport construction. M.: Publishing center "Academy", 2007. – p. 352
4. Plyasevich S. A. Metal box bridges. M.: Transport, 1970 – p. 280
5. Korneev M. M. Steel-reinforced concrete bridges: a theoretical and practical guide to design. – St. Petersburg: FGBOU VPO PGUPS, 2015. – p. 400

6. Efimov P. P. Bridge design. Omsk, 2006. – p. 110
7. Korneev M. M. Steel bridges. K.:, 2003. – p. 547
8. Korneev M. M. Steel bridges. Theoretical and practical guide to bridge design in two volumes. K.: Publishing house "Academpres", 2010. – Vol. 1. – p. 532
9. Shishov M. A. Features of calculation and design of the joint of a reinforced concrete slab with a steel structure in steel–reinforced concrete superstructures of road bridges / M. A. Shishov, A. A. Galimzyanov // Transport construction. – 2016. – No. 3. - pp. 3-6.
10. The method of manufacturing prestressed structures with composite reinforcement and composite fiber concrete / T. A. Zinnurov, A. A. Piskunov, O. K. Petropavlovsk [et al.] // Transport structures. - 2017. – Vol. 4, No. 2. – p. 5. – DOI 10.15862/05TS217. – EDN ZEKYSD.
11. Zinnurov, T. A. The study of the joint work of wooden composite beams / T. A. Zinnurov, K. A. Nurmukhametov // Modern construction and architecture. – 2017. – № 4(08). – pp. 20-23. – DOI 10.18454/mca.2017.08.4. – EDN ZUCURP
12. Mirsayapov I. T. Investigation of the stress-strain state of steel-reinforced concrete beams with partial sealing of I-sections in concrete / I. T. Mirsayapov, I. M. Gimatdinov // Izvestiya Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. – 2022. – № 3(61). – pp. 56-66. – DOI 10.52409/20731523_2022_3_56. – EDN FDSELF.
13. Mirsayapov I. T. Investigation of the stress-strain state of steel-reinforced concrete beams of a new type of railway bridges / I. T. Mirsayapov, A. T. Valiev // Izvestiya Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. – 2023. – № 1(63). – pp. 31-42. – DOI 10.52409/20731523_2023_1_31. – EDN ECDUWC
14. Bokarev S. A. On the effectiveness of some methods for assessing the technical condition of steel-reinforced concrete superstructures / S. A. Bokarev, L. Yu. Solovyov, D. N. Tsvetkov // Bulletin of the Dniester National University of Hospital Transport im. academician V. Lazaryan. - 2007. – No. 14. – pp. 162-167. – EDN UJIIVX.
15. Bystrov V. A. Methodology for determining the resource of structures of steel-reinforced concrete and metal bridges, taking into account their actual dynamic loading and defects / V. A. Bystrov // Innovations and durability of transport infrastructure facilities (materials, structures, technologies): Materials of the scientific and practical conference, St. Petersburg, November 14, 2018 / Edited by M. P. Klekovkina. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2019. - pp. 84-89. – EDN QXVEMO.
16. Feoktistova E. P. Evaluation of the residual fatigue life of metal beams of steel-reinforced concrete superstructures of road bridges / E. P. Feoktistova // Transport structures. – 2019. – Vol. 6, No. 3. – p.13. – EDN SYASXU.
17. Bystrov V. A. Problems of substantiation of the modes of actual dynamic loading and durability of structures of steel-reinforced concrete road and city bridges / V. A. Bystrov, N. V. Kozak, D. A. Yaroshutin // Transport structures. – 2019. – Vol. 6, No. 4. – p. 5. – DOI 10.15862/06SATS419. – EDN GBIJSS.
18. N. V. Kozak, A.V. Syrkov, V. A. Bystrov, D. A. Yaroshutin. Analysis of the impact of failures of association elements on the operational reliability of steel-reinforced concrete superstructures of road bridges // Transport structures. - 2023. – Vol. 10, No. 3. – DOI 10.15862/07SATS323. – EDN STEARU.

19. Veselovsky V. Yu. Analysis of modern methods of dismantling superstructures / V. Yu. Veselovsky // Modernization and scientific research in the transport complex. – 2013. – Vol. 3. – pp. 100-109. – EDN QCVGQX.
 20. Zyleva N. V. Assessment of dynamic impacts on ground structures during the dismantling of a superstructure by dropping / N. V. Zyleva // Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. – 2007. – № 3(16). – pp. 139-147. – EDN JUCZXZ.
-