

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.21.09-048.35

В. Ю. КАЗАРЯН<sup>1\*</sup>, И. Д. САХАРОВА<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> ООО «НПП СК МОСТ», Вл. 10, ул. 8-я линия, мкр. Никольско-Архангельский, г. Балашиха, Московская область, Россия, 143956, тел. (495) 663 68 80, эл. почта nppskmost@yandex.ru, nppskmost.ru

<sup>2</sup> ООО «НПП СК МОСТ», Вл. 10, ул. 8-я линия, мкр. Никольско-Архангельский, г. Балашиха, Московская область, Россия, 143956, тел. (495) 663 68 80, эл. почта nppskmost@yandex.ru, nppskmost.ru

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Цель.** В статье предложен способ обеспечения долговечности и несущей способности пролетных строений при реконструкции. **Методика.** Для достижения поставленной цели авторами были проанализированы случаи повреждения пролетных строений, у которых полностью разрушен нижний пояс. Рассмотрены случаи разрушения одной балки, для реконструкции которой можно использовать систему «БАЛКОРЕЗ», и более серьезного разрушения двух балок, которые требуют другой системы реконструкции. Основной идеей, примененной в данном случае, является изменение конструктивного решения пролетных строений применением преднапряженных элементов. Детально изложен алгоритм усиления пролетного строения. **Результаты.** Предложенный метод реконструкции мостового сооружения и разработанная абсолютно новая конструкция пролетного строения обеспечивают сохранение мостового сооружения на дорожной сети с гарантированной нормативной грузоподъемностью и долговечностью. Также разработан способ усиления ребристого пролетного строения путем превращения в коробчатое посредством установки нижней плиты. **Научная новизна.** Разработка основ реконструкции пролетных строений с применением новых способов и методов усиления определяет научную новизну работы, причем предложенные методы реконструкции пролетных строений применены впервые. В дальнейшем предложенные решения будут уточняться на основе теоретических исследований. **Практическая значимость.** Выполненные работы позволили с минимальными затратами продлить срок эксплуатации сооружений под нормативными нагрузками. Представленные в работе методы реконструкции и новые конструкции пролетных строений являются апробированными и уже зарекомендовали себя как эффективные.

**Ключевые слова:** мост; пролетное строение; повреждение; реконструкция; долговечность; несущая способность; конструктивное решение

#### Введение

Наличие на мостовом сооружении повреждений, снижающих его несущую способность или ухудшающих условия проезда, требует ограничения или полного закрытия движения. Мостовые сооружения, находящиеся в аварийном состоянии, как правило, подлежат демонтажу.

Важнейшими условиями обеспечения бесперебойного и безопасного движения по мостам автотранспорта и пешеходов являются:

- нормативная грузоподъемность сооружения;
- требуемый габарит проезжей части и тротуаров;
- своевременное выполнение работ по уходу, содержанию и ремонту элементов мостового перехода;

- соблюдение требований безопасности движения по мостам;
- соблюдение характеристик и обеспечение пропускной способности моста на период ледохода и паводка.

Мосты должны соответствовать нормативной грузоподъемности и обладать необходимой прочностью, жесткостью и устойчивостью для безопасного пропуска нормативных временных нагрузок, предусмотренных нормами без ограничения скорости движения [5].

Реконструкция или капитальный ремонт мостовых сооружений парализует относительно большую долю транспортной сети, нарушает товарооборот, значительно влияет на экономику, как правило, большого по площади прилегающего региона. В этих условиях мостовые сооружения должны быть предметом особого

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

внимания как потенциальный источник экономической и социальной безопасности.

При этом, сами капитальный ремонт или реконструкция должны быть проведены обязательно с определенной периодичностью, а значит становится вопрос о снижении времени выполнения работ по реконструкции, равно как материальных и трудозатрат на неё.

В некоторых же случаях разрушения пролётных строений принимают такую форму, что стандартные методы реконструкции становятся либо невозможными, либо чрезвычайно дорогими.

Состояние пролётных строений и их отдельных элементов вносит основную долю в повышение или снижение эксплуатационной надежности мостовых сооружений. При этом при обследованиях, ремонте и реконструкции мостов необходимо учитывать, что пролётные строения представляют собой систему, состоящую из ряда элементов. Повышение долговечности и эксплуатационных показателей любого из элементов данной системы положительно скажется на ее надежности в целом.

### Цель

В статье предложен способ обеспечения долговечности и несущей способности пролётных строений при реконструкции.

### Методика

ООО «НПП СК МОСТ» разработало ряд технических решений, позволяющих вернуть сооружение в нормативное эксплуатационное состояние, используя для этой цели конструктивное изменение пролётного строения с применением преднапряженного бетона.

Выполнение такой работы показано на примере пролётного строения с поврежденными двумя крайними балками, у которых нижний пояс полностью разбит (рис. 1). Это решение может быть использовано также при реконструкции ребристых пролётных строений.

Сложность демонтажа поврежденных балок в этом случае состоит в том, что у балок поврежден несущий нижний пояс и поднять их практически невозможно. Такую расчлененную конструкцию необходимо подпереть временными опорами, что приводит к перекрытию

движения по дороге под путепроводом и создает дополнительные неудобства.

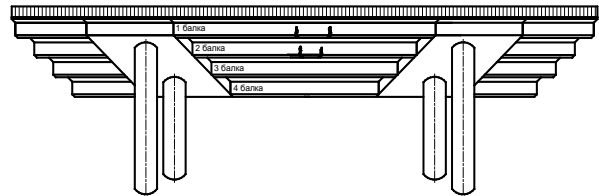


Рис. 1. Пролётное строение с двумя поврежденными крайними балками

Подобный случай произошел во Владимирской области на обходе г. Владимира на автомобильной дороге Москва-Казань. Неустановленным негабаритным транспортным средством были повреждены 6 и 7 балки пролётного строения путепровода. По системе «БАЛКОРЕЗ» [1], разработанной ООО «НПП СК МОСТ», была вырезана с расчленением на отдельные элементы балка № 6 и установлена новая балка с объединением ее со смежными балками и восстановлением тем самым пролётного строения. Балка № 7 была отремонтирована.

Аналогичные повреждения пролётных строений – явление достаточно распространенное. Как правило, это происходит на дорогах с давним временем строительства при недостаточных высотных габаритах.

Однако в данном случае, когда повреждены сразу две крайние балки, технологию «БАЛКОРЕЗ» применить невозможно.

Новая технология ремонта аварийного ребристого пролётного строения состоит в создании на его базе коробчатого монолитного пролётного строения [2].

При реконструкции аварийного пролётного строения в первую очередь необходимо снять дорожную одежду до плиты проезжей части, освободить от слабого бетона места поврежденных на обеих балках легкими отбойными молотками.

Следующим этапом работы является восстановление каркасной арматуры балок с добавлением специального П-образного профиля в нижний пояс.

Все поврежденные участки балок необходимо заполнить фиброторкретбетоном, трещины заинъектировать эпоксидным составом на всей поверхности стенок аварийных балок, до-

вести до конструктивної несущої здатності, їх оштукатурити зовнішні поверхні фасадної балки.

В ригелях опор з кожної сторони необхідно пробурити по 4 отвори  $\varnothing 122$  мм вздовж моста, тим самим створив в них канали для пропуску прядевої арматури (рис. 2).

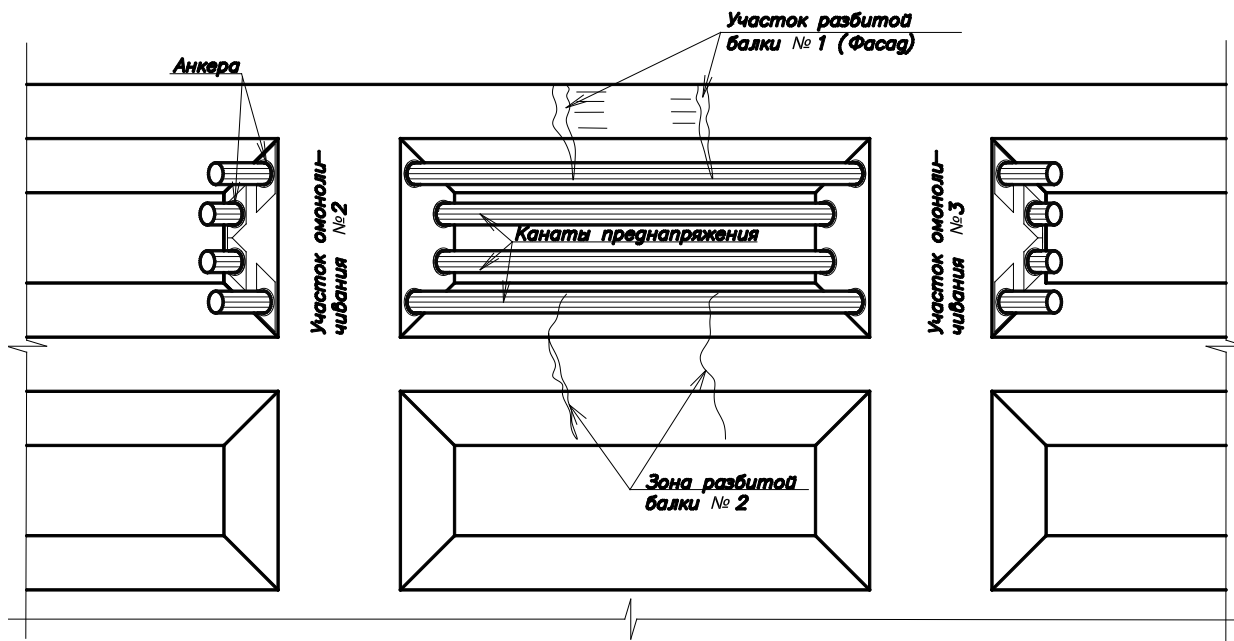


Рис. 2. Вид пролетного строения снизу

Основой указанного метода ремонта является пропуск пучков из прядей без оболочек (4 пучка по 12 прядей  $\varnothing 18$  мм) и их натяжение с предварительной установкой каркасной арматуры в нижней растянутой зоне на хомутах, опущенных с верхней плиты через каждый погонный метр.

Для восприятия усилия от 12-прядевого пучка ( $\approx 300$  т·с) применяют упоры с 4 анкерами, устанавливаемые на эпоксидный компаунд.

После устройства опалубки из бакелизированной фанеры по низу балок, установки деревянного бруса и металлических тяжей, опущенных из верхней плиты, через пробуренные в плите отверстия  $\varnothing 300$  мм подают фибробетон с вибрированием его глубинным вибратором (рис. 3). Весь процесс ремонта по времени занимает 1...1,5 месяца.

Работу выполняют исключительно средствами малой механизации без закрытия движения как по путепроводу, так и под ним.

Одним из преимуществ предложенного метода является отсутствие необходимости подключения к коммуникациям (электричество), прохождения экспертизы (ремонт на стадии

содержания). Нет необходимости в демонтаже тротуарных блоков, перил, ограждений и возможных коммуникаций.

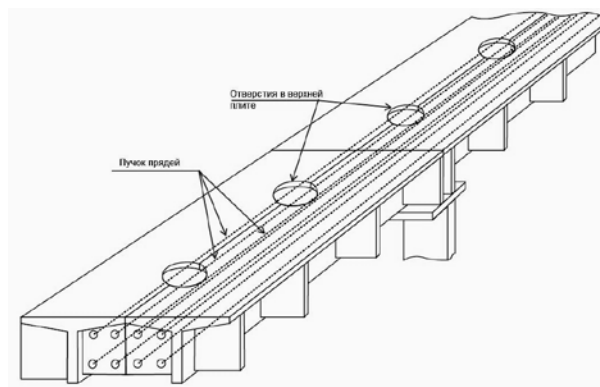


Рис. 3. Устройство отверстий в плите для подачи фибробетона

В заключение необходимо только выполнить окраску отремонтированной части путепровода, устройство дорожной одежды (гидроизоляция «Мостопласт», литой асфальтобетон), разметку.

Способ ремонта позволяет производить работы непосредственно под движением, он не

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

требует постройки временных мостов, устройства объездных дорог, отстоя спецтехники и других транспортных средств, что составляет значительную часть стоимости нового строительства и очень нетехнологично, неэкологично, неконструктивно и малоэффективно.

## Результаты

Представленный метод усиления пролетного строения – это новый взгляд и подход к реформированию элементов усиления: не в каждой отдельной балке, а с объединением двух, трех соседних балок в новую монолитную конструкцию. Причем, такая конструкция может быть использована для усиления отдельного разрезного пролетного строения, а также для переустройства в неразрезное пролетное строение при замене опорных частей. Что касается рамного мостового сооружения, то метод заведомо проходит по всем расчетным показателям на прочность, устойчивость стенки и др.

Естественно, такое новое пролетное строе-

ние немислимо без преднапряжения, что тоже решается использованием средств малой механизации и не приводит к ограничению движения как по мосту, так и под ним.

Предложенная абсолютно новая конструкция пролетного строения состоит из монолитных балок, где бывшие балки ребристой системы служат на первой стадии только в качестве несъемной опалубки, а на последующей стадии, включившись в совместную работу, служат в качестве «каркасного элемента», в центре которого находится монолитная напряженная конструкция [2].

Новым решением является уход от представления пролетного строения как конструкции, состоящей из отдельных балок на момент проектирования и строительства. Рассмотрев все возможные схемы повышения несущей способности отдельно взятой балки, в предложенном способе, где задействованы балки попарно, в конечном итоге получено новое поперечное сечение пролетного строения (рис. 4).

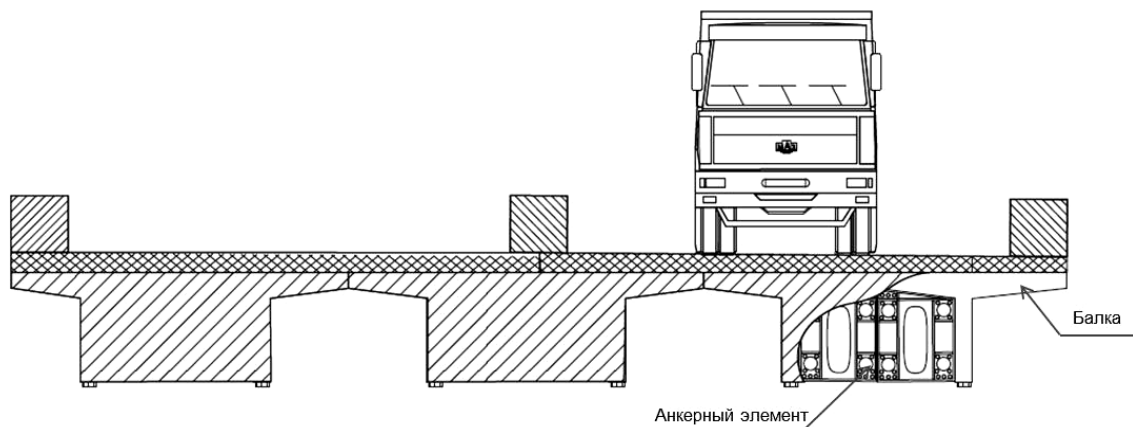


Рис. 4. Поперечное сечение пролетного строения

Принципиально иная конструкция пролетного строения обладает большей грузоподъемностью под современные нагрузки, долговечностью и отвечает требованиям эксплуатации.

Другой способ усиления ребристого пролетного строения состоит в превращении его в коробчатое посредством установки нижней плиты.

Ознакомившись с проблемой частого разрушения дорожной одежды на «Песочном мосту» через реку Днепр в г. Смоленске, с конструкцией моста, участием его в транспортной схеме и организации движения, с учетом мно-

гих других факторов, можно предположить, что частое разрушение дорожной одежды не связано с конструкцией мостового полотна, в частности, с отводом воды, но связано с особенностями конструкции пролетного строения.

Поперечное сечение моста представляет собой ребристое пролетное строение, состоящее из двух блоков ПРК, соединенных между собой по плите в поперечном направлении. Пролетное строение из этих блоков имеет повышенную несущую способность и обладает высокой степенью индустриализации производства, быстротой сборки на объекте и многими дру-

гими технологічними перевагами.

В сопоставленні з коробчастими сеченнями, конструкція ППК більш сучасна і не поступає світовому мостостроєнню. Подібну конструкцію в 70-80-е роки минулого століття застосовували в ряду країн, вона була «модним» рішенням. Сьогодні навантаження різко зросли, зростає і інтенсивність руху. На сучасному етапі розвитку вітчизняне мостостроєння потребує змін у плані перегляду конструктивних рішень по вантажопідйомності і несучої здатності.

Існує думка, що переднапружену високопрочну арматуру в вигляді пучків з дротів або прядей слід з часом «підтягувати», або, якщо це неможливо, додати додаткові пучки. Ми в цьому переконані в час технічної екскурсії в Австрії на мосту під Венією. В поперечних діафрагмах були залишені спеціальні отвори для пропуску додаткових пучків, а в кінцевих ділянках пролетного строєння розміщені спеціальні лебідки для домкратів.

Якщо звернутися до «фізики» пружини, її з часом підтягують, а в залізобетонних мостах ніхто не ухиляється від процесів повзучості, релаксації, які неминливі. Мост, аналогічний «Піщаному мосту», був побудований в Польщі в 2002 році [3]. В статті наведено поперечні сечення пролетного строєння, серед яких найбільш ефективне – з нижньою плитою, що ще раз підтверджує доцільність використання замкнутого незмінного профілю, виключаючого роботу ребер пролетного строєння на кручення, яке викликає додаткові зусилля в плиті проїзної частини (рис. 5).

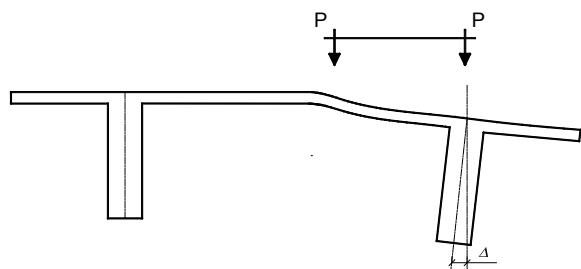


Рис. 5. Схема роботи незамкнутого поперечного сечення

Ця теорія підтверджується і вітчизняним винаходом, захищеним патентом на

корисну модель, яке стосується до громадянського будівництва, але може бути застосовано і в плитно-ребрих пролетних строєннях, оскільки для експлуатованих споруджень суть залишається одна і та ж.

Після візуального огляду «Піщаного моста», беручи до уваги перераховані фактори, дуже складно дати оцінку причин частого руйнування дорожньої одежі на мосту. Щоб зробити остаточні висновки, потрібно спеціальне інструментальне дослідження конструкції пролетного строєння з вимірами деформації поперечного сечення пролетного строєння, і напруженого стану арматури в пучках.

Зміни напруженого стану верхньої плити, яка періодично змінює свою геометрію за рахунок кручення відкритого профілю, створюють додаткові напруження в асфальтобетонному покритті, яке є найбільш вразливим елементом дорожньої одежі, внаслідок чого часто трапляється нещодавно.

Представляється необхідним змінити сечення ребристої конструкції, закріпив її нижньою плитою з перетворенням в «коробку» в середині прольоту (рис. 6).



Рис. 6. Зміна поперечного сечення пролетного строєння установкою нижньої плити

В процесі реконструкції Никольського моста через р. Кинешемка в г. Кинешма Івановської області була виконана унікальна робота по перетворенню металевих головних

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

балок затяжки в предварительно напряженные железобетонные.

Построенный в 1959 году автодорожный Никольский мост практически ни разу капитально не ремонтировался (рис. 7).

За годы эксплуатации конструкции моста, включая плиту проезжей части, тротуары, элементы арочной фермы, пришли в неудовлетворительное состояние.

Металлические балки затяжки пролетного строения ниже уровня плиты проезжей части подвержены глубокой слоистой коррозии вплоть до образования сквозных отверстий.



Рис. 7. Никольский мост в г. Кинешма

Для восстановления несущей способности затяжки моста предусмотрено ее усиление путем замены металлических главных балок предварительно напряженными железобетонными. Металлические стенки главных балок были использованы как боковая опалубка, которая была заполнена фибробетоном.

Основной задачей при выполнении усиления балок затяжки является регулирование усилий в высокопрочных пучках (2 пучка по 12 прядей) в преднапрягаемых главных балках затяжки.

В связи с тем, что усилие в высокопрочных пучках невозможно сразу довести до максимальных проектных нагрузок (балки находятся в неудовлетворительном состоянии: металл «сгнил» и не на что опереться), а усилия в пучках превышают 480 тс в каждой главной балке. Была предложена схема поэтапного преднапряжения прядей с синхронным секционным бетонированием отсеков главных балок (рис. 8).

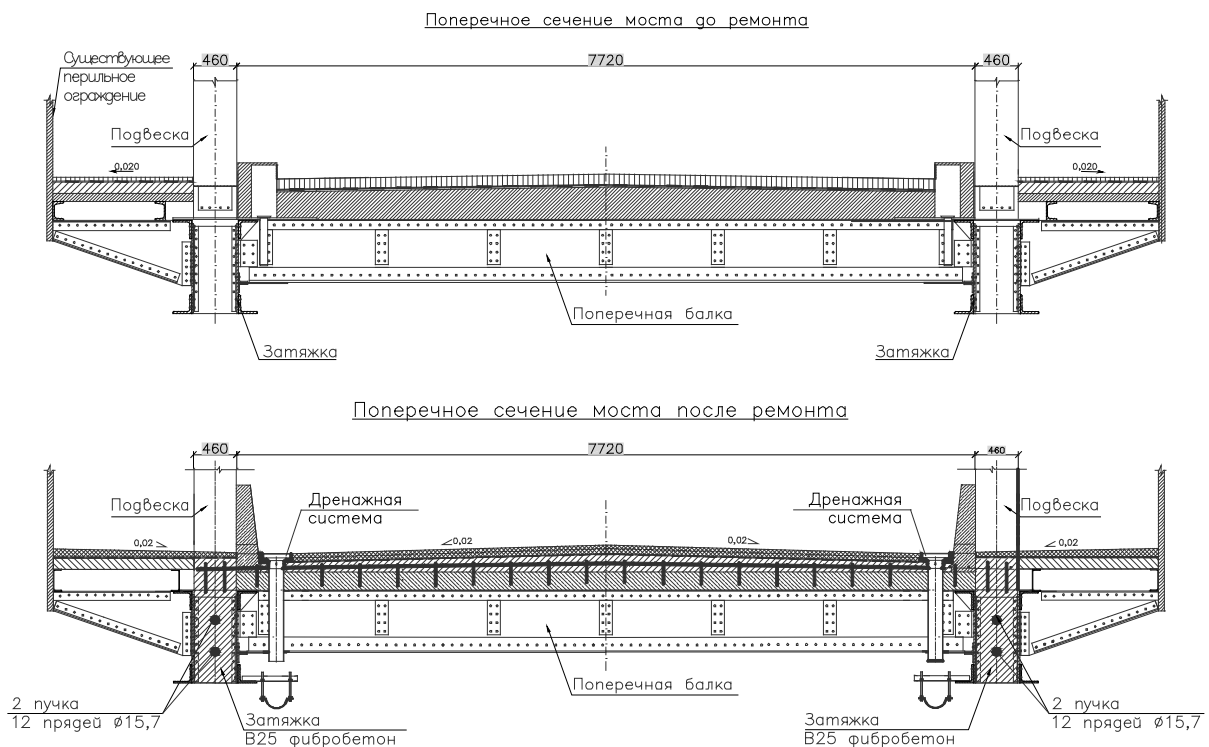


Рис. 8. Восстановление несущей способности главных балок затяжки

Приведенные методы реконструкции мостовых сооружений позволяют в короткие сроки с минимальными затратами привести сооружение в нормативное состояние и продлить срок его службы [4].

### Научная новизна и практическая ценность

Несомненно, представленные выше методы реконструкции и новые конструкции пролетных строений являются апробированными и уже зарекомендовали себя как эффективные. Однако данные практические решения, которые имеют высокую практическую ценность, решая проблему усиления пролетных строений, требуют всестороннего научного обоснования. Разработка основ реконструкции пролетных строений с применением новых способов и методов усиления определяет научную новизну работы, причем редложенные методы реконструкции пролетных строений применены впервые.

### Выводы

В статье предложен ряд новых решений реконструкции пролетных строений путем усиления, переформирования или преднапряжения. В дальнейшем данные решения и предложения будут уточняться на основе теоретических исследований, а также будут предложены новые алгоритмы для решения важнейшей проблемы реконструкции мостов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пат. 2599664 РФ Способ демонтажа аварийной балки пролетного строения [Текст] / Сахарова И. Д., Казарян В. Ю. (РФ); заявл. 14.02.14.

2. Пат. 2640855 РФ Способ усиления пролетного строения моста [Текст] / Сахарова И. Д., Казарян В. Ю. (РФ); заявл. 12.01.18.
3. «Structural Engineering International» № 3/2017 – С. 388-393.
4. Казарян, В. Ю. Продлевая жизнь мостам [Текст] / В. Ю. Казарян // Дорожная держава. – 2018. – С. 81-82.
5. Кожушко, В. П. Повышение долговечности автодорожных мостов. Монография / В. П. Кожушко, А. В. Бильченко, А. Г. Кислов и др. – Харьков : ХНАДУ. – 2016. – 236 с.
6. Землянский, А. А. Обследование и испытание зданий и сооружений: учебное пособие [Текст] / А. А. Землянский. – Москва : Изд-во АСВ, 2004. – 440 с.
7. Добромислов, А. Н. Оценка надёжности зданий и сооружений по внешним признакам [Текст] / А. Н. Добромислов. – Москва : Изд-во АСВ, 2004. – 67 с.
8. Осипов, В. В. Содержание и реконструкция мостов [Текст] / В. В. Осипов. – Москва : Транспорт, 1986. – 327 с.
9. Лучко, Й. Й. Відновлення несучої здатності залізобетонних балок пошкоджених корозією розвантажувального вузла під'їздного залізничного шляху [Текст] / Й. Й. Лучко, Б. Л. Назаревич, І. Б. Кравець // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2016. – Вип. 10. – С. 61-69.
10. Дубинчик, О. И. Определение меры накопления повреждений железнодорожных мостов с учетом коррозии арматуры [Текст] / О. И. Дубинчик, В. Р. Кильдеев // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2016. – Вип. 9. – С. 18-24.
11. Вискребенцев, В. Г. Дослідження ефективності використання вуглецевого волокна у залізобетонних прогонових будовах залізничних мостів [Текст] / В. Г. Вискребенцев, К. І. Солдатов // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2014. – Вип. 5. – С. 16-21.

В. Ю. КАЗАРЯН<sup>1\*</sup>, І. Д. САХАРОВА<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> ООО «НПП СК МОСТ», Вл. 10, вул. 8-ма лінія, мкр. Нікольско-Архангельский, м. Балашиха, Московська область, Росія, 143956, тел. (495) 663 68 80, ел. пошта nppskmost@yandex.ru, nppskmost.ru

<sup>2</sup> ООО «НПП СК МОСТ», Вл. 10, вул. 8-ма лінія, мкр. Нікольско-Архангельский, м. Балашиха, Московська область, Росія, 143956, тел. (495) 663 68 80, ел. пошта nppskmost@yandex.ru, nppskmost.ru

## СУЧАСНІ МЕТОДИ РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТОВИХ СПОРУД

**Мета.** У статті запропоновано спосіб забезпечення довговічності і несучої здатності прогонових будов при реконструкції. **Методика.** Для досягнення поставленої мети авторами були проаналізовані випадки по-

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

шкодження прогонових будов, у яких повністю зруйнований нижній пояс. Розглянуто випадки руйнування однієї балки, для реконструкції якої можна використовувати систему «БАЛКОРЕЗ», і більш серйозного руйнування двох балок, які вимагають іншої системи реконструкції. Основною ідеєю, що застосовано в даному випадку, є зміна конструктивного рішення прогонових будов застосуванням попередньо напружених елементів. Детально викладено алгоритм підсилення прогонової будови. **Результати.** Запропонований метод реконструкції мостової споруди і розроблена абсолютно нова конструкція прогонової будови забезпечують збереження мостової споруди у дорожній мережі з гарантованою нормативною вантажопідйомністю і довговічністю. Також розроблений спосіб підсилення ребристої прогонової будови шляхом перетворення в коробчасте установкою нижньої плити. **Наукова новизна.** Розробка основ реконструкції прогонових будов із застосуванням нових способів і методів підсилення визначає наукову новизну роботи, при чому запропоновані методи реконструкції прогонових будов застосовані вперше. Надалі запропоновані рішення будуть уточнюватися на основі теоретичних досліджень. **Практична значимість.** Виконані роботи дозволили з мінімальними витратами продовжити термін експлуатації споруд під нормативними навантаженнями. Представлені в роботі методи реконструкції і нові конструкції прогонових будов є апробованими і вже зарекомендували себе як ефективні.

*Ключові слова:* міст; прогонова будова; ушкодження; реконструкція; довговічність; несуча здатність; конструктивне рішення

V. YU. KAZARYAN<sup>1\*</sup>, I. D. SAKHAROVA<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> LLC “NPP SK MOST”, Vl. 10, 8th line, md. Nikolsko-Arkhangelsky, Balashikha, Moscow Oblast, Russia, 143956, tel. (495) 663 68 80, e-mail nppskmost@yandex.ru, nppskmost.ru

<sup>2</sup> LLC “NPP SK MOST”, Vl. 10, 8th line, md. Nikolsko-Arkhangelsky, Balashikha, Moscow Oblast, Russia, 143956, tel. (495) 663 68 80, e-mail nppskmost@yandex.ru, nppskmost.ru

## MODERN METHODS OF RECONSTRUCTION OF BRIDGE STRUCTURES

**Purpose.** The authors propose a method for providing durability and load bearing capacity in the reconstruction of superstructures. **Methodology.** To achieve this goal, the authors analyzed cases of damage to the spans, which had completely destroyed lower belt. The cases of the destruction of one beam, for the reconstruction of which you can use the BALKOREZ system, and the more serious destruction of two beams that require another system of reconstruction are considered. The main idea applied in this case is to change the constructive solution of spans using prestressed elements. The algorithm for gaining the span is described in detail. **Findings.** The proposed method of reconstruction of the bridge structure and the developed absolutely new design of the superstructure ensure the preservation of the bridge structure on the road network with guaranteed regulatory carrying capacity and durability. A method of reinforcing a ribbed superstructure by turning into a box structure by installing the bottom plate has also been developed. **Originality.** The development of the foundations for the reconstruction of spans with the use of new designs and methods of reinforcement determines the originality of the work, and the proposed methods for reconstructing spans are used for the first time. In the future, the proposed solutions will be refined based on theoretical studies. **Practical value.** The performed work allowed to extend the life of the structures under regulatory loads with minimal costs. The methods of reconstruction and new designs of spans presented in the paper are well-trying and have already proven to be effective.

*Keywords:* bridge; span structure; damage; reconstruction; durability; load bearing capacity; constructive solution

### REFERENCES

1. Patent RU № 2599664 Sposob demontazha avariynoy balki proletnogo stroeniya [The method of dismantling the emergency beam span structure]. Saharova I. D., Kazaryan V. Yu., 14.02.2014.
2. Patent RU № 2640855 Sposob usileniya proletnogo stroeniya mosta [The method of strengthening the bridge span]. Saharova I. D., Kazaryan V. Yu., 12.01.2018.
3. «Structural Ehgineering International», № 3/2017, pp. 388-393.
4. Kazaryan V. Yu. Prodlevaya zhizn mostam [Prolonging life for bridges]. *Dorozhnaya derzhava*, 2018, pp. 81-82.



МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

5. Kozhushko V. P., Bilchenko A. V., Kislov A. G. Povyishenie dolgovechnosti avtodorozhnyih mostov. Monografiya [Increased durability of road bridges. Monograph]. Harkov, HNADU Publ., 2016, 236 p.
6. Zemlyanskiy A. A. Obsledovanie i ispytanie zdaniy i sooruzheniy: uchebnoe posobie [Inspection and testing of buildings and structures: a tutorial]. Moscow, ASV Publ., 2004, 440 p.
7. Dobromyislov A. N. Otsenka nadyozhnosti zdaniy i sooruzheniy po vneshnim priznakam [Evaluation of the reliability of buildings and structures on the external signs]. Moscow, ASV Publ., 2004, 67 p.
8. Osipov V. V. Soderzhanie i rekonstruktsiya mostov [Maintenance and reconstruction of bridges]. Moscow, Transport Publ., 1986, 327 p.
9. Luchko J. J., Nazarevych B. L., Kravecj I. B. Vidnovlennja nesuchoji zdatnosti zalizobetonnykh balok poshkodzhennykh korozijeju rozvantazhuvaljnogho vuzla pidjizdnogho zaliznych-nogho shljakhu [Restoration of bearing capacity of reinforced concrete beams damaged by corrosion of the unloading node of the approach railroad] *Mosty ta tuneli: teorija, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 2016, issue 10, pp. 61-69.
10. Dubinchik O. I., Kildeev V. R. Opredelenie meryi nakopleniya povrezhdeniy zheleznodorozhnyih mostov s uchetom korrozii armatury [Definition of the measure of accumulation of damages of railway bridges, taking into account corrosion of reinforcement] *Mosty ta tuneli: teorija, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 2016, issue 9, pp. 18-24.
11. Vyskrebentsev V. H., Soldatov K. I. Doslidzhennia efektyvnosti vykorystannia vuhletsevoho volokna u zalizo-betonnykh prohonovykh budovakh zaliznychnykh mostiv [Investigation of efficiency of carbon fiber use in reinforced concrete runways of railway bridges] *Mosty ta tuneli: teorija, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 2014, issue 5, pp. 16-21.

Надійшла до редколегії 18.10.2018.

Прийнята до друку 26.11.2018.