

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian Journal of Transport Engineering <https://t-s.today>

2021, №1, Том 8 / 2021, N 1, Vol. 8 <https://t-s.today/issue-1-2021.html>

URL: <https://t-s.today/PDF/08SATS121.pdf>

DOI: 10.15862/08SATS121 (<http://dx.doi.org/10.15862/08SATS121>)

Особенности оценки эксплуатационной надежности мостов в составе гидротехнических сооружений

¹Бондарев Б.А., ²Ерофеев В.Т., ¹Бондарев А.Б.,
¹Корнеева А.О., ³Гаврилов М.А., ²Родин А.И., ²Ерофеева И.В.

¹ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, Россия

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск, Россия

³ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства», Пенза, Россия

Автор, ответственный за переписку: Бондарев Борис Александрович, e-mail: lnsp-48@mail.ru

Аннотация. Введение: статья посвящается методам оценки транспортно-эксплуатационного состояния мостов в составе гидротехнических сооружений (плотин, ГЭС, шлюзов). Основными факторами, влияющими на долговечность элементов конструкций входящих в состав гидротехнических сооружений, являются: динамические нагрузки (многократно приложенные и повторные) действующие на пролетные строения из-за гидродинамического воздействия воды; временные, подвижные нагрузки от проходящего автомобильного транспорта, по верху сооружения (по проезжей части); вредные химические примеси, содержащиеся в воде, проходящей через сооружение. Под воздействием вышеуказанных факторов в элементах конструкций гидротехнических сооружений возникают дефекты и повреждения.

Методы: авторами произведена оценка фактического состояния материала эксплуатирующего сооружения. Для оценки фактического состояния конструкций и материалов при выполнении работ по обследованию мостового сооружения выполнены следующие инструментальные измерения на натурных элементах конструкций: нивелировка верха тротуаров и проезжей части; определение прочности материалов основных несущих конструкций неразрушающими методами; измерение толщины асфальтобетонного покрытия проезжей части; определение степени карбонизации бетона; выявление дефектов в элементах моста.

Определение фактической прочности бетона конструкции производилось методами неразрушающего контроля: (1) методом упругого отскока; (2) методом ударного импульса; (3) косвенным методом ультразвукового контроля прочности бетона на основе выявленной зависимости между методом отрыва со скалыванием и методами – ударного импульса и упругого отскока. Результаты: произведен расчет показателей технического состояния и безопасности моста, как элемента гидротехнического сооружения.

Обсуждение: результаты технического обследования элементов конструкций мостового сооружения и инструментальные исследования подтверждают вывод о необходимости ремонтных мероприятий с применением высокопрочных бетонов и защитных покрытий на основе полимерных композиционных материалов.

Итоговый отчет: в соответствии со сценариями развития аварийных ситуаций для перечня количественных и качественных параметров, составлена таблица численных оценок параметров, соответствующих тому или иному состоянию сооружения. Таким образом, по сценарию, относящемуся ко 3 группе аварий, техническое состояние моста оценивается, как ограничено работоспособное, а уровень безопасности является пониженным.

Ключевые слова: мосты; долговечность; дефекты; проезжая часть; гидротехнические сооружения; балочные пролетные строения; прочность бетона; нагрузки

Bridges maintainability evaluation peculiarities as part of hydraulic structures

¹Boris A. Bondarev, ²Vladimir T. Erofeev, ¹Alexandr B. Bondarev,
¹Anastasia O. Korneeva, ³Mihail A. Gavrilov, ²Aleksandr I. Rodin, ²Irina V. Erofeeva

¹Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

²National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

³Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia

Corresponding author: Boris A. Bondarev, e-mail: lnsp-48@mail.ru

Abstract. Introduction: the article is dedicated to assessing the condition with respect to use for traffic methods of bridges as part of hydraulic structures (dams, hydroelectric power stations, locks). The main factors affecting the structural element's durability included in the composition of the hydraulic structures are dynamic loads (applied repeatedly and repeated) affecting the bay due to the hydrodynamic effect; temporary, moving loads from passing highway transportation, along the top of the structure (along the roadway); harmful chemical impurities contained in the water passing through the structure. Under the influence of the above-mentioned factors, defects and damage occur in the hydraulic facilities' structural elements.

Methods: the authors assessed the actual state of the material of the operating structure. To assess structures and materials actual state during the bridge structure inspection work, the following instrumental measurements were performed on as-built structural elements: leveling the top of the sidewalks and the roadway; materials strength determination of the main supporting structures by nondestructive methods; thickness measuring the asphalt concrete pavement of the roadway; determination of the degree of carbonation of concrete; identification of defects in the elements of the bridge. The actual structure's concrete

strength was determined by nondestructive testing methods: (1) by the method of the elastic rebound; (2) by the shock pulse monitoring method; (3) an indirect method of concrete strength ultrasonic testing based on the revealed relationship between the method of separation with shear test and methods – shock pulse and elastic rebound.

Results: technical condition and bridge safety indicators calculation as a hydraulic structure element was executed.

Discussion: technical examination results of the bridge structural elements and instrumental studies confirm the conclusion about the repair measures need with high-strength concretes and protective coatings based on polymer composite materials.

Final report: following the emergency scenarios a numerical estimate table for the quantitative and qualitative parameters list was made, parameters corresponding to a particular structure state. Thus, according to the scenario related to the 3rd accident group, the bridge technical condition is assessed as limited operable, and the safety level is reduced.

Keywords: bridges; durability; defects; roadway; hydraulic structures; beam span; concrete strength; loads

Данная статья доступна по лицензии Creative Commons “Attribution” («Атрибуция») 4.0 Всемирная

This article is available under the Creative Commons “Attribution” 4.0 Global License



Введение

Introduction

Объектами настоящих исследований являются элементы конструкций мостов, входящих в комплекс гидротехнических сооружений канала им. Москвы.

Данные мосты отличаются друг от друга своими конструктивными особенностями, но объединяет их сроки строительства (начало 1930-х годов XX века) и их техническое состояние. Сложность работ по техническому обследованию таких сооружений заключается в том, что наряду с расчетами характерными для мостовых сооружений, эксплуатирующихся на сети дорог общего пользования необходимо привести соответствующие расчеты по устойчивости конструкций мостов, входящих в состав плотин, шлюзов, ГЭС. В соответствии с федеральным законом от 21.07.1997 №117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» и постановлением правительства Российской Федерации о декларировании безопасности гидротехнических сооружений.

Вследствие этого работа включает в себя результаты оценки технического состояния сооружений, как мостов и безопасности их, как элементов гидротехнического сооружения.

Анализ состояния проблемы

Problem state analysis

Основными факторами, влияющими на долговечность элементов конструкций входящих в состав гидротехнических сооружений, являются: динамические нагрузки (многократно приложенные и повторные) действующие на пролетные строения из-за гидродинамического воздействия воды; временные, подвижные нагрузки от проходящего автомобильного транспорта, по верху сооружения (по проезжей части); вредные химические примеси содержащиеся в воде, проходящей через сооружение.

Под воздействием вышеуказанных факторов в элементах конструкций гидротехнических сооружений возникают дефекты и повреждения, приведенные на рис. 1–6.



Рисунок 1. Пролет 2. Диафрагма между балками 2 и 3. Обнажение и коррозия арматуры. Разрушение бетона в ребрах балок (снизу) с обнажением и коррозией арматуры (фото выполнено авторами)

Figure 1. Bay 2. The diaphragm between beams 2 and 3. Reinforcement stripping and corrosion. Concrete deterioration in the beams ribs (on the bottom) with reinforcement stripping and corrosion (photo taken by the authors)



Рисунок 2. Пролет 2. Тротуарная плита. Обнажение и коррозия арматуры, сетка трещин, следы размораживания бетона (фото выполнено авторами)

Figure 2. Bay 2. Walkway slab. Reinforcement stripping and corrosion, a crack pattern, traces of concrete thawing (photo taken by the authors)



Рисунок 3. Пролет 2. Тротуарная плита. Водоотводной лоток. Разрушение бетона, сеть трещин разрушение дна лотка (фото выполнено авторами)

Figure 3. Bay 2. Walkway slab. Trench drain. Concrete deterioration, a crack pattern, tray's bottom destruction (photo taken by the authors)



Рисунок 4. Пролет 3. Главная балка 3. Приопорная зона. Трещины с шириной раскрытия 0,3 мм $F = 0,7 \times 0,5$ м (фото выполнено авторами)

Figure 4. Bay 3. Main beam 3. By-support area. Cracks with an opening width of 0.3 mm $F = 0.7 \times 0.5$ m (photo taken by the authors)



Рисунок 5. Пролет 2. Главные балки 1, 2, 3. Обнажение и коррозия арматуры нижнего пояса и боковых поверхностей балок. Разрушение бетона на глубину до 10 см в стыках балок (фото выполнено авторами)

Figure 5. Bay 2. Main beams 1, 2, 3. Reinforcement stripping and corrosion of the lower chord and beams side surfaces. Concrete destruction to a 10 cm depth at the beam joints (photo taken by the authors)



Рисунок 6. Пролет 4. Главная балка 1. Обрыв арматурных стержней, размораживание бетона на глубину 0,2 м и площадью 8,0 м² в приопорной зоне (фото выполнено авторами)

Figure 6. Bay 4. Main beam 1. Reinforcing bars breakage, concrete defrosting to a 0.2 m depth, and an area of 8.0 sq.m. in the support zone (photo taken by the authors)

В настоящее время описанные в технической литературе различного рода нарушения возникающие на стадии проектирования, строительства и эксплуатации делятся на дефекты и повреждения. Дефект – это нарушение в работе элемента моста, несоответствие его нормативным требованиям, образовавшиеся до ввода сооружения в эксплуатацию. Повреждение является результатом воздействия неблагоприятных факторов в процессе эксплуатации моста, при этом одним из таких факторов является наличие дефекта. Дефекты и повреждения снижают эксплуатационные характеристики мостов [1–5].

Для балочных пролетных строений их обычного железобетона наиболее характерны следующие дефекты и повреждения [6–14]: разрушение консольных и тротуарных плит; выщелачивание и выветривание защитного слоя бетона на фасадных поверхностях главных балок; разрушение бетона в растянутой зоне балок; несовпадение полудиафрагм главных балок в плане и профиле; образование сколов и раковин в главных балках и консольных плитах; разрушение бетона в швах между главными балками; образование сколов и вертикальных трещин в местах опирания главных балок на подферменники опор.

Происхождение этих дефектов различно. Выщелачивание бетона в плитах проезжей части и в швах между главными балками происходит из-за повреждений гидроизоляции, некачественного её устройства. В результате этого влага беспрепятственно проникает на поверхность главных балок, постепенно разрушает защитный слой бетона и ведёт к обнажению рабочей арматуры с последующей её коррозией. В местах образования раковин, как правило, наблюдается более густое армирование, поэтому в процессе изготовления балок не удаётся достичь качественного уплотнения бетонной смеси, что способствует значительно более быстрому проникновению поверхностных вод в толщу бетона, постепенному разрушению его структуры, появлению коррозии арматуры.

Разрушение защитного слоя бетона в растянутой зоне балок зачастую вызвано несоблюдением проектных размеров балки (арматура расположена слишком далеко от торца балки), а также неправильной установкой арматурных каркасов в опалубке до бетонирования, в результате чего защитный слой бетона оказывается или слишком тонким или очень толстым (более 3 см), что оказывает отрицательное воздействие на работу балки: в первом случае создаются условия для коррозии арматуры, во втором бетон легко скалывается.

Наряду с этими разрушениями имеют место и дефекты строительного характера: несовпадение полудиафрагм смежных главных балок в плане и профиле, сколы на концах консольных плит при транспортировке и монтаже балок, не соблюдение размеров между главными балками. Сколы бетона и

вертикальные трещины в местах опирания главных балок на опоры в большинстве случаев образуются из-за неправильного размещения их на опорах, отсутствия опорных частей или же их устройства с отступлением от проектов.

Для пролётных строений из предварительно-напряженного железобетона многие дефекты аналогичны перечисленным выше, однако имеются дефекты, свойственные только предварительно-напряжённым железобетонным конструкциям.

В большинстве случаев главные балки покрыты густой сетью трещин различного происхождения, которые вызваны недостаточной сопротивляемостью бетона длительным воздействиям значительных усадочных и температурных деформаций. Эти трещины при своём развитии до ширины от 0,5 до 0,8 мм способны ослабить сечение балки, растресканный слой бетона выключается из работы и оказывается неспособным воспринимать расчётные напряжения от нагрузки, а уменьшение расчетного сечения балки приводит к увеличению главных растягивающих напряжений, возникновению сквозных силовых трещин в бетоне. Наклонные трещины в рёбрах балок, направленных по линиям площадок, возникают в результате воздействия на бетон главных растягивающих и температурно-усадочных напряжений. Они характерны для крайних панелей. Горизонтальные трещины в области опирания балок на опоры, как правило, возникают в результате совместного действия местных растягивающих напряжений, усадочных и температурных деформаций. Эти трещины возникают в местах передачи сосредоточенных усилий с арматуры на бетон.

Кроме того, характерными дефектами преднапряженных балок является их провисание без образования трещин, отсутствие сцепления пучков напрягаемой арматуры с бетоном, разрывы сварных соединений в стыках диафрагм, образование в диафрагмах трещин более 0,2 мм.

Все эти дефекты снижают грузоподъёмность сооружения и поэтому учитываются при расчётах следующим образом: при наличии сколов, раковин в сжатой зоне бетона балки или ребра – уменьшением сжатой зоны; при низкой прочности бетона в сжатой зоне балки – снижением марки бетона; коррозия арматуры или её механическое повреждение учитывается уменьшением площади рабочей арматуры; провисание преднапряженных балок – снижением силы предварительного напряжения, а при отсутствии сцепления пучков напрягаемой арматуры с бетоном расчёт балки ведут по шпренгельной схеме. Разрывы сварных соединений в стыках диафрагм, трещины в них, несовпадение диафрагм в плане и профиле ведет к изменению расчетной схемы и использованию в расчетах натуральных

поперечных линий влияния коэффициентов усилий между главными балками.

Постановка задачи

Research objective

Цель настоящих исследований состояла в разработке рекомендаций по повышению эксплуатационной надежности и устойчивости элементов конструкций мостов, входящих в состав гидротехнических элементов.

Для этого необходимо:

1. Определить параметры безопасности эксплуатации сооружений.
2. Выявить опасные производственные факторы, оказывающие влияние на материалы элементов конструкций мостов в составе гидротехнического сооружения.
3. Произвести оценку фактического состояния материалов эксплуатируемых сооружений.
4. Выполнить расчет показателей технического состояния и безопасности сооружения в соответствии с нормативными документами.

Для оценки фактического состояния конструкций и материалов при выполнении работ по обследованию мостового сооружения выполнены следующие инструментальные измерения на натуральных элементах конструкций: нивелировка верха тротуаров и проезжей части; определение прочности материалов основных несущих конструкций неразрушающими методами; измерение толщины асфальтобетонного покрытия проезжей части; определение степени карбонизации бетона; выявление дефектов в элементах моста.

В задачу инструментальных измерений входит получение характеристик материалов и нагрузок для последующего использования в расчетах грузоподъемности сооружений, а также выявление недоступных при внешнем осмотре скрытых дефектов конструкций. Контроль прочности, в соответствии с требованиями ГОСТ 18105-2010, осуществляется статистическими методами с учетом характеристик фактической однородности прочности изготовленных конструкций. Определение фактической прочности бетона конструкции производилось методами неразрушающего контроля по ГОСТ 22690-2015, ГОСТ 17624-2012, МИ 2016-03, СТО 36554501-009-2007 и МДС 62-2.01, а именно: (1) методом упругого отскока; (2) методом ударного импульса; (3) косвенным методом ультразвукового контроля прочности бетона на основе выявленной

зависимости между методом отрыва со скалыванием и методами – ударного импульса (УИ) и упругого отскока (УО).

При выполнении измерений в процессе технического обследования опирались на нормативную документацию [12; 15–16]¹.

Среднеквадратическое отклонение используемой градуировочной зависимости S_T определялось по формуле:

$$S_T = \sqrt{S_{T.H.M}^2 + S_{T.P.M}^2}, \quad (1)$$

где: $S_{T.H.M}$ – среднеквадратическое отклонение построенной градуировочной зависимости; $S_{T.P.M}$ – среднеквадратическое отклонение метода отрыва со скалыванием.

Уравнение зависимости – («косвенная характеристика – прочность»), описывается линейной функцией вида:

$$R = ax \pm b, \quad (2)$$

где: x – показания прибора.

Обработка результатов испытаний и статистическая оценка прочности бетона была выполнена в соответствии с ГОСТ 18105-2010 и п.8.3. СП 13-102-2003.

За единичное значение прочности бетона (согласно приложению А ГОСТ 18105-2010) при неразрушающем контроле сборных конструкций (плоских и многпустотных плит перекрытий и покрытий, дорожных плит и т. д.) принимают среднюю прочность бетона конструкции, вычисленную как среднеарифметическое значение прочности бетона контролируемых участков конструкции.

Среднеквадратическое отклонение прочности бетона в контролируемой партии S_m рассчитывают по формуле:

$$S_m = \left(S_{H.M} + \frac{S_T}{\sqrt{n-1}} \right) \frac{1}{0,7r+0,3}, \quad (3)$$

где: n – число участков определения прочности; $S_{H.M}$ – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в контролируемой партии по результатам испытаний неразрушающими методами; r – коэффициент корреляции градуировочной зависимости.

Фактический класс бетона по прочности монолитных конструкций B_f , рассчитывают по формуле:

¹ Прочность бетона в конструкциях и изделиях. Методика выполнения натуральных испытаний методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690. (МС 300.6-97). М. ГИЦ ГП «ВНИИФТРИ», 1997.

$$B_{\phi} = \frac{R_m}{K_T} \quad (4)$$

где: R_m – фактическая средняя прочность бетона партии (группы) конструкций по данным испытаний, МПа; K_T – коэффициент требуемой прочности, принимаемый по таблице 2 ГОСТ 18105-2010, в зависимости от текущего коэффициента вариации V_m .

Оценка степени коррозии рабочей и распределительной арматуры осуществлялась путем вскрытия рабочей арматуры с помощью перфоратора в местах расположения рабочей арматуры с недостаточным защитным слоем бетона. После вскрытия выполнялся осмотр рабочей арматуры и оценка степени поражения металла коррозией.

Карбонизация бетона – это реакция минералов цементного камня с углекислым газом, содержащимся в воздухе. В общем виде уравнение карбонизации записывается в виде: $Ca(OH)_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow CaCO_3 + 2H_2O$. Карбонизация приводит к связыванию гидроксида кальция, уменьшая тем самым показатель pH раствора в порах со значения 12,6 до 9. Интенсивность карбонизации зависит от многих факторов, в том числе от плотности бетона, температуры, влажности, расположения бетонной поверхности в конструкции и др. В сжатых элементах процессы карбонизации протекают значительно медленнее, чем в растянутых. В более плотных (прочных) бетонах процессы карбонизации также протекают значительно медленнее. С наветренной стороны элемента процесс карбонизации протекает более интенсивно, т. к. происходит высушивание пор, что обеспечивает доступ CO_2 из воздуха на большую глубину. Разница глубины карбонизации в зависимости от указанных факторов может достигать 3–10 раз.

Измерение толщины защитного слоя осуществлялось с помощью прибора «Поиск – 2.6», предназначенный для измерения толщины защитного слоя бетона, определения распределения (проекция) арматуры на поверхность бетона и определения диаметра арматуры в диапазоне 3...50 мм класса АI...AIV (ГОСТ 57881-75) а железобетонных изделиях и конструкциях по ГОСТ 22904-93. При измерениях определяется минимальная величина защитного слоя бетона на внешней поверхности исследуемого участка конструкции. При этом в местах предполагаемого расположения арматуры определялось минимальное значение защитного слоя бетона для чего, в контрольных точках, с помощью перфоратора, производилось вскрытие арматуры для контроля вышеуказанного метода.

Измерения проводились инструментами и приборами, прошедшими государственную поверку. Все используемые измерительные приборы прошли соответствующий метрологический контроль и тарировку. Определение толщины защитного слоя приборами «Proceq profoscope» и ИПА МГ-4, ширину раскрытия трещин – измерительным микроскопом

«Мир 1», ультразвуковые исследования – приборами УК1401М и ПУЛЬСАР – 1.2, линейные размеры – лазерным дальномером Leica, DISTO A6, рулетками, штангенциркулем Mechanic 150 PRO 0-150 мм.

Результаты и их обсуждение и анализ

Results interpretation and analysis

В результате технического обследования сооружения установлено:

- По результатам замеров толщина защитного слоя бетона балок пролетного строения составляет 73,6 мм до боковой поверхности балки и 57...60 мм до нижней поверхности.
- Арматура балки в пролете 5–6 имеет следы язвенной коррозии. Диаметр по результатам контрольных замеров составил 35,23 мм. Потеря 0,37 мм вследствие коррозии, что составляет 1,03 %. Шаг рабочей арматуры 100 мм.

Результаты замеров сведены в таблицу 1.

Таблица 1 / Table 1

Прочностные свойства бетона по показаниям

Concrete mechanical strength characteristics according to indications

№ пролетного строения Bay number	Место измерения measurement point	Средняя кубиковая прочность, R_{cp} , МПа Average cube strength R_{av} , МПа	Коэффициент вариации, % The coefficient of variation, %	Класс бетона (В), с 95 % обеспеченностью, МПа Concrete class (B), with 95 % security МПа
1	2	3	4	5
5–6	<u>Опора № 5.</u>	30,8	10,1	34,0
	У опорной плиты на отм. -1,700 от уровня балок	37,3	14,2	29,0
	<u>Support No. 5.</u>	30,5	13,0	34,0
	At the base plate at elevation -1,700 from the level of the beams	39,3	13,5	30,6
		37,8	11,4	30,8
5–6	<u>Балка № 3 (у опоры № 5).</u>	50,5	10,3	52,9
	Боковая поверхность со стороны №2	49,2	13,4	52,1
	<u>Beam No. 3 (at support No. 5).</u> Lateral surface from side No. 2	50,5	10,8	52,4
5–6	<u>Балка № 3 (у опоры № 5).</u>	46,4	11,6	46,1
	Нижняя поверхность балки	45,4	12,8	45,9
	<u>Beam No. 3 (at support No. 5).</u> Bottom surface of the beam	45,9	11,3	46,0

Глубина карбонизации защитного слоя бетона определялась согласно ОДН 218.4.001-2008 воздействием 0,1%-го раствора фенолфталеина в этиловом спирте на свежий скол бетона. Измерения проводятся через минуту после нанесения индикатора на скол бетона при помощи штангенциркуля и линейки. В бетонах с неравномерной структурой пор граница карбонизации может быть извилистой. В этом случае необходимо

измерять максимальную и среднюю глубину карбонизации бетона. Точность измерений – до 0,5 мм.

Глубина карбонизации определялась в пролете 5–6 около опоры № 5. На других участках глубина карбонизации менее выражена, за исключением, зоны вокруг водопропускных трубок тротуарных консолей 1-ых балок во всех пролетах, куда затруднен доступ без дополнительных сооружений и устройств. Результаты замеров сведены в таблицу 2.

Таблица 2 / Table 2
Результаты определения химических свойств бетона
Concrete chemical properties determination results

Место исследования Research location	Результаты теста на карбонизацию бетона Concrete carbonation test results	
	глубина / depth	цвет / color
Нижний пояс балки 3 пролета 5–6 возле дефекта в виде оголения арматуры на расстоянии от опоры № 5 1300 мм Beam's 3 lower chord of bays 5–6 near the defect in the form of reinforcement stripping at a distance from pier No. 5 1300 mm	6 мм	Бесцветный – Clear
	8 мм	Слабо розовый – Faint pink
	18 мм	Розовый – Pink
Балка 3 в пролете 4–5, у опоры № 5, в месте выщелачивания бетона Bay 3 in span 4–5, at pier No. 5, in the place of concrete leaching	8 мм	Бесцветный – Clear
	12 мм	Бесцветный – Clear
	22 мм	Слабо розовый – Faint pink
Балка 2 (не поврежденный разрушением участок нижнего пояса) у опоры № 5 Bay 2 (section of the lower belt not damaged by destruction) at span No. 5	5 мм	Бесцветный – Clear
	12 мм	Слабо розовый – Faint pink
	20 мм	Слабо розовый – Faint pink

Таблица 3 / Table 3
Результаты измерений прочности бетона
Concrete strength observation results

№ п.п. Item number	5 опора на отм. -1,7 м от балки 5th pier at -1.7 m from the beam	5 опора на отм. -1,5 м от уровня нижней поверхности балок 5th pier at -1.5 m from the beams lower surface level	3-я балка в пролете 5–6 боковая поверхность 3rd beam in bay 5–6 side surface	Балка по нижней поверхности 3-й балки Beam along the 3rd beam bottom surface	Устой У-2 Abutment wall U-2	Мембрана между балками Б-2 и Б-3 возле ОП-5 The membrane between beams B-2 and B-3 near OP-5	3-я балка Б-3 в пролете 5 – боковая поверхность со стороны В.Б. 3rd beam B-3 in bay 5- lateral surface from the side of inner beam
1	2	3	4	5	6	7	8
1	31,0	31,5	50,5	46,4	33,5	12,3	47,1
2	32,0	39,9	50,5	45,4	26,4	12,4	45,0
3	32,0	28,8	49,2	45,9	27,9	12,7	40,8
4	30,0	28,2	47,1	41,7	29,1	13,5	39,7
5	28,0	30,5	44,7	52,1	25,4	10,4	42,1
6	29,0	33,8	53,1	42,6	28,9	9,8	38,6
7	29,0	31,8	63,4	47,3	34,5	9,6	45,0
8	28,8	36,0	64,2	46,3	32,5	8,9	35,9
9	29,5	31,0	60,2	46,5	33,7	11,4	38,8
10	29,2	30,7	60,5	49,2	32,1	11,8	43,2
11	28,5	31,8	54,3	51,8	27,7	13,5	40,5
12	29,9	37,4	68,8	50,1	28,7	13,1	44,4
13	28,2	30,0	61,7	49,4	23,6	11,3	45,8

№ п.п. Item number	5 опора на отм. -1,7 м от балки 5th pier at -1.7 m from the beam	5 опора на отм. -1,5 м от уровня нижней поверхности балок 5th pier at -1.5 m from the beams lower surface level	3-я балка в пролете 5–6 боковая поверхность 3rd beam in bay 5–6 side surface	Балка по нижней поверхности 3-й балки Beam along the 3rd beam bottom surface	Устой У-2 Abutment wall U-2	Мембрана между балками Б-2 и Б-3 возле ОП-5 The membrane between beams B-2 and B-3 near OP-5	3-я балка Б-3 в пролете 5 – боковая поверхность со стороны В.Б. 3rd beam B-3 in bay 5- lateral surface from the side of inner beam
14	30,5	32,0	64	45,0	32,6	11,9	49,1
15	31,8	30,0	67	46,0	29,8	11,6	42,6
R ср	29,8	32,2	57,3	47,0	29,8	11,6	42,6
Класс	B 22,5	B 22,5	B40	B35	B22,5	B7,5	B35

Заключение

Conclusion

Таким образом, в результате выполненной работы выявлено следующее:

1. Установлены основные производственные факторы, влияющие на долговечность элементов конструкций обследуемого объекта.
2. Приведены экспериментальные данные исследований прочности бетона опор и пролетных строений мостового сооружения.
3. Установлено, что класс бетона балок по результатам испытаний методом упругого отскока соответствует В35, класс бетона опор В22,5.
4. Глубина карбонизации бетона балок составляет от 8 до 12 мм.

Результаты технического обследования элементов конструкций мостового сооружения и инструментальные исследования подтверждают вывод о необходимости ремонтных мероприятий с применением высокопрочных бетонов и защитных покрытий на основе полимерных композиционных материалов [8; 16–18].

Кроме выявленных дефектов и повреждений главных балок пролетных строений и опор произведена оценка транспортно-эксплуатационного состояния элементов конструкций проезжей части мостов. Проезжую часть моста составляют конструкции, служащие для размещения движущихся транспортных средств, безопасного, плавного их проезда, передвижения пешеходов и защищающие все сооружение от воздействий внешней среды. А именно: плита проезжей части, система «гидроизоляция-водоотвод», въездные приспособления, дорожная одежда тротуары, перила, барьеры безопасности, конструкции освещения и контактной сети дорог, приспособления для укладки и сохранения коммуникаций, конструкции распределения полос движения, дорожные знаки.

Так как мостовые сооружения входят в состав плотины для него произведен расчет показателей технического состояния и безопасности. Расчет проводится по сценарию, относящемуся ко 3 группе аварий, при котором происходит разрушение стен и открылков разрушение понура, разрушение рисбермы водосливной плотины. По выбранному сценарию возможной аварии определяем состав критериев безопасности групп А, Б, В и производим их оценку по рекомендуемой методике порядковой критериальной шкале.

Развитие рассматриваемого сценария позволяет оценить четыре критерия безопасности (φ_i) выбранных из указанных групп: а2 – уровень верхнего бьефа (УВБ); а3 – дефекты и повреждения бетона пролетных строений; в2 – трещины в бетоне конструкций промежуточных опор (быков) и устоев; в3 – появление фильтрации на поверхности промежуточных опор и устоев.

В соответствии со сценариями развития аварийных ситуаций для перечня количественных и качественных параметров, составляется таблица численных оценок параметров, соответствующих тому или иному состоянию сооружения.

Степень значимости последствий различных групп аварий на безопасность эксплуатации сооружения учитывается коэффициентом значимости группы сценариев. Эти коэффициенты принимаются для группы сценариев $K_{сц1} = 1,0$; для второй $K_{сц2} = 0,9$; для третьей – $K_{сц3} = 0,8$.

Для каждого возможного сценария аварии на гидротехническом сооружении даются критерии состояния сооружения, которые позволяют отследить развитие событий по конкретному сценарию аварии.

Для мостового сооружения плотины № 40 характерным будет развитие аварии по третьему сценарию. В разделе 4 [15] приведен расчет технического состояния и уровня безопасности мостового сооружения, из которого следует, что по сценарию, относящемуся ко 3 группе аварий, техническое состояние моста оценивается, как ограничено работоспособное, а уровень безопасности является пониженным.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ефимов П.П.** Проектирование мостов / П.П. Ефимов. – Омск: Дантэя, 2006. – 111 с.
2. **Gibalenko A.N.** Design requirements to structural steel durability based on level of industrial facility corrosion hazard / A.N. Gibalenko, V. Korolov, J. Filatov // Aktualnie problemy konstrukcji metalowych: Abstr. II Polish-Ukrainian International Conference АРМК (27.11–28.11.2014) / Гданьск: University of Technology, 2014. – С. 98–102.
3. **Белый А.А.** Эволюция транспортных нагрузок для расчета железобетонных мостовых сооружений на примере Санкт-Петербурга / А.А. Белый, Э.С. Карапетов, Е.С. Цыганкова // Транспортное строительство. – 2017. – № 12. – С. 21–24.
4. **Богданов Г.И.** Петербургские мосты: монография / Г.И. Богданов. – СПб.: Белое и черное, 2006. – 183 с.
5. **Белый А.А.** Анализ технического состояния эксплуатируемых железобетонных мостовых сооружений Санкт-Петербурга / А.А. Белый // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 3. – С. 37–44. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28805490> (дата обращения: 30.11.2020).
6. **Grishyn I.V.** Durability of bridge asphaltic concrete pavements under temperature loads / I.V. Grishyn, G.P. Ivanov, R.A. Kayumov. – DOI <https://doi.org/10.1088/1757-899X/786/1/012032> // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 786, International Scientific Conference Interstroyemeh – 2019 (ISM – 2019) 12–13 September 2019 / Казань: IOP Publishing Ltd, 2020. – С. 12032. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/786/1/012032> (дата обращения: 30.11.2020).
7. **Weinan He** Research on Durability Evaluation Method of Bridge Slings Based on Set Pair Analysis / He Weinan, Sun Xiaohong, Li Chaozheng. – DOI <https://doi.org/10.1088/1755-1315/474/7/072081> // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Т 474. – С. 72081. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/474/7/072081> (дата обращения: 02.12.2020).
8. **Карпенко Н.И.** О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций / Н.И. Карпенко, С.Н. Карпенко, В.Н. Ярмаковский, В.Т. Ерофеев // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – № 1. – С. 93–102. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23098302> (дата обращения: 30.11.2020).
9. **Efimov S.** Durability of operated reinforced concrete superstructures of railroad bridges / S. Efimov, S. Bokarev, S. Pribytkov. – DOI <https://doi.org/10.1051/mateconf/201821601005> // X International Scientific and Technical Conference “Polytransport Systems”, Tomsk, Russia, November 15–16, 2018 / Под ред. А.Д. Abramov, А.Л. Manakov, А.А. Klimov, V.I. Khabarov, V.I. Medvedev Томск: МАТЕС Web of Conferences, 2018. – С. 1005. – URL: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/75/mateconf_pts2018_01005/mateconf_pts2018_01005.html (дата обращения: 30.11.2020).

10. **Пиняжин С.В.** Сравнение методов расчета усилий в плите проезжей части железобетонных автодорожных мостов / С.В. Пиняжин, А.Н. Иванов // НАУКА. ИССЛЕДОВАНИЯ. ПРАКТИКА. Сборник избранных статей по материалам Международной научной конференции. Санкт-Петербург, 25 декабря 2019 года / СПб.: ЧНОУДПО ГНИИ "НАЦРАЗВИТИЕ", 2020. – С. 149–154. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42534512> (дата обращения: 30.11.2020).
11. **Sanio D.** Bauwerksmessungen versus Rechenkonzepte zur Beurteilung von Spannstahlermüdung in Betonbrücken [Строительные измерения и концепции расчетов для оценки усталости предварительно напряженной стали в бетонных мостах] / D. Sanio, J. Löschmann, P. Mark, M.A. Ahrens. – DOI <https://doi.org/10.1002/bate.201700092> // Bautechnik. – 2018. – Т 95, № 2. – С. 99–110. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bate.201700092> (дата обращения: 02.12.2020). – (На нем. яз.).
12. **Рузов А.М.** Эксплуатация мостового парка / А.М. Рузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 175 с.
13. **Калгин Ю.И.** Разработка и исследование литого асфальтобетона на битумно-каучуковом вяжущем / Ю.И. Калгин, В.Т. Ерофеев // Строительные материалы. – 2007. – № 1. – С. 60–63. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9469730> (дата обращения: 30.11.2020).
14. **Korneeva A.O.** The Influence of Structure-Forming Factors on the Properties of Polymer Composite Material under Static Loading / A.O. Korneeva, R.Yu. Saprykin, A.B. Bondarev. – DOI <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.284.163> // Solid State Phenomena. – 2018. – Т 284. – С. 163–166. – URL: <https://www.scientific.net/SSP.284.163> (дата обращения: 04.12.2020).
15. **Островидов А.М.** Таблицы для проектирования мостов. Раздел 2. Основные строительные материалы. / А.М. Островидов, И.А. Кузнецов. – М.: Научно-техническое издательство автотранспортной литературы, 1959. – 536 с.
16. **Ерофеев В.Т.** Исследование биостойкости битумных и полимербитумных композитов и видового состава микобиоты, выделенной с материалов, экспонированных в условиях влажного морского климата и после старения в морской воде / В.Т. Ерофеев, А.И. Сальникова, В.Ф. Смирнов, Е.Н. Каблов, О.В. Старцев, О.Н. Смирнова, Е.А. Захарова, Е.А. Варченко // Приволжский научный журнал. – 2015. – № 3. – С. 52–61. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24167373> (дата обращения: 05.12.2020).
17. **Калашников В.И.** Высокоэффективные самоуплотняющиеся порошково-активированные песчаные бетоны и фибробетоны / В.И. Калашников, В.М. Володин, И.В. Ерофеева, Д.А. Абрамов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–2. – С. 110. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23662336> (дата обращения: 05.12.2020).
18. **Chavel B.W.** Framework for Improving Resilience of Bridge Design. Publication No. FHWA-IF-11-016 January 2011 / B.W. Chavel, J.M. Yadlosky. – Питтсбург: HDR Engineering, Inc., 2011. – 75 с. – URL: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/pubs/hif11016/hif11016.pdf> (дата обращения: 02.12.2020).

Сведения об авторах:

Бондарев Борис Александрович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительное материаловедение и дорожные технологии», ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, Россия, e-mail: lnsp-48@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7194-9270>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=804620

Ерофеев Владимир Трофимович – доктор технических наук, профессор, декан «Архитектурно-строительного» факультета, заведующий кафедрой «Строительных материалов и технологий», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск, Россия, e-mail: AL_Rodin@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8407-8144>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=161483

Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/A-7827-2017>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56662851300>

Бондарев Александр Борисович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительное материаловедение и дорожные технологии», ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, Россия, e-mail: lnsp-48@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2902-7528>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=496770

Корнеева Анастасия Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлургические технологии», ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, Россия, e-mail: 2010anasta@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2434-9536>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=813186

Гаврилов Михаил Александрович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Начертательная геометрия и графика», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия, e-mail: gavrilov79@inbox.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8891-8120>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=572398

Родин Александр Иванович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Строительных материалов и технологий», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск, Россия, e-mail: AL_Rodin@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8080-9808>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=653174

Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/M-9822-2017>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57191249816>

Ерофеева Ирина Владимировна – кандидат технических наук, инженер кафедры «Инженерной и компьютерной графики», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск, Россия, e-mail: ira.erofeeva.90@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1506-8502>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=761852

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57191250834>

Статья получена: 29.12.2020. Принята к публикации: 22.03.2021. Опубликовано онлайн: 06.04.2021.

REFERENCES

1. Efimov P.P. [Bridge design]. Omsk: Dantei Publishing; 2006. (In Russ.).
2. Gibalenko A.N., Korolov V., Filatov J. Design requirements to structural steel durability based on level of industrial facility corrosion hazard. In: *Actual problems of metal structures: Abstr. II Polish-Ukrainian International Conference APMK (27.11–28.11.2014)*. Gdansk: University of Technology; 2014. p. 98–102.
3. Belyy A.A., Karapetov E.S., Tsygankova E.S. Evolution of traffic loads for the calculation of reinforced concrete bridge structures on the example of St. Petersburg. *Transport construction*. 2017; (12): 21–24. (In Russ.).
4. Bogdanov G.I. [Petersburg bridges: monograph]. St. Petersburg: Publishing House White and Black; 2006. (In Russ.).
5. Belyi A.A. Technical condition analysis of Saint-Petersburg operated reinforced concrete bridge constructions. *Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*. 2017; (3): 37–44. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28805490> (accessed 30th November 2020). (In Russ., abstract in Eng.).
6. Grishyn I.V., Ivanov G.P., Kayumov R.A. Durability of bridge asphaltic concrete pavements under temperature loads. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 786. International Scientific Conference Interstroyemeh – 2019 (ISM – 2019) 12–13 September 2019*. Kazan: IOP Publishing Ltd; 2020. p. 12032. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/786/1/012032> (accessed 30th November 2020). (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/786/1/012032>.
7. Weinan He, Xiaohong Sun, Chaozheng Li Research on Durability Evaluation Method of Bridge Slings Based on Set Pair Analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 474. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/474/7/072081>.
8. Karpenko N.I., Karpenko S.N., Yarmakovskiy V.N., Yerofeev V.T. The Modern Methods for Ensuring of the Reinforced Concrete Structures Durability. *Academia. Architecture and construction*. 2015; (1): 93–102. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23098302> (accessed 30th November 2020). (In Russ., abstract in Eng.).
9. Efimov S., Bokarev S., Pribytkov S. Durability of operated reinforced concrete superstructures of railroad bridges. In: A.D. Abramov, A.L. Manakov, A.A. Klimov, V.I. Khabarov and V.I. Medvedev (Eds.). *X International Scientific and Technical Conference “Polytransport Systems”, Tomsk, Russia, November 15–16, 2018*. Tomsk: MATEC Web of Conferences; 2018. p. 1005. Available at: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/75/mateconf_pts2018_01005/mateconf_pt_s2018_01005.html (accessed 30th November 2020). (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201821601005>.
10. Pinyazhin S.V., Ivanov A.N. Comparison of methods of force’s analysis in roadway slab of reinforced concrete motorway bridges. In: *[THE SCIENCE. RESEARCH. PRACTICE. Collection of selected articles based on the materials of the International Scientific Conference. St. Petersburg, December 25, 2019]*. Saint Petersburg: NATSRAZVITIE; 2020. p. 149–154. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42534512> (accessed 30th November 2020). (In Russ., abstract in Eng.).

11. Sanio D., Löschmann J., Mark P., Ahrens M.A. Bauwerksmessungen versus Rechenkonzepte zur Beurteilung von Spannstahlermüdung in Betonbrücken [Building measurements and calculation concepts for the assessment of prestressing steel fatigue in concrete bridges]. *Bautechnik*. 2018; 95(2): 99–110. (In German) DOI: <https://doi.org/10.1002/bate.201700092>.
12. Ruzov A.M. [Operation of the bridge park]. Moscow: Publishing Center "Academy"; 2007. (In Russ.).
13. Kalgin Yu.I., Erofeev V.T. [Development and research of cast asphalt concrete based on bitumen-rubber binder]. *Construction Materials*. 2007; (1): 60–63. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9469730> (accessed 30th November 2020). (In Russ.).
14. Korneeva A.O., Saprykin R.Yu., Bondarev A.B. The Influence of Structure-Forming Factors on the Properties of Polymer Composite Material under Static Loading. *Solid State Phenomena*. 2018; (284): 163–166. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.284.163>.
15. Ostrovidov A.M., Kuznetsov I.A. [Bridge design tables. Section 2. Basic building materials.]. Moscow: Scientific and technical publishing house of motor transport literature; 1959. (In Russ.).
16. Erofeev V.T., Salnikova A.I., Smirnov V.F., Kablov E.N., Startsev O.V. Smirnova O.N., Zakharova E.A., Varchenko E.A. Investigation of biostability of bituminous and polymer modified composites and species composition of microbiota isolated from materials exposed in a humid marine climate and after aging in sea water. *Privolzhsky Scientific Journal*. 2015; (3): 52–61. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24167373> (accessed 5th December 2020). (In Russ., abstract in Eng.).
17. Kalashnikov V.I., Volodin V.M., Erofeeva I.V., Abramov D.V. High-performance self-compacting powder-activated sand concrete and fiber-reinforced concrete. Modern problems of science and education. 2015; (1–2): 110. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23662336> (accessed 5th December 2020). (In Russ., abstract in Eng.).
18. Chavel B.W., Yadlosky J.M. Framework for Improving Resilience of Bridge Design. Publication No. FHWA-IF-11-016 January 2011. Pittsburgh: HDR Engineering, Inc.; 2011. Available at: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/pubs/hif11016/hif11016.pdf> (accessed 2nd December 2020). (In Eng.).

Information about the authors:

Boris A. Bondarev – Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia, e-mail: Insp-48@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7194-9270>

РИИЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=804620

Vladimir T. Erofeev – National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, e-mail: AL_Rodin@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8407-8144>

РИИЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=161483

Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/A-7827-2017>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56662851300>

Alexandr B. Bondarev – Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia, e-mail: Insp-48@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2902-7528>

РИИЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=496770

Anastasia O. Korneeva – Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia, e-mail: 2010anasta@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2434-9536>

РИИЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=813186

Mihail A. Gavrilov – Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia, e-mail: gavrilov79@inbox.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8891-8120>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=572398

Aleksandr I. Rodin – National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, e-mail: AL_Rodin@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8080-9808>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=653174

Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/M-9822-2017>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57191249816>

Irina V. Erofeeva – National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia, e-mail: ira.erofeeva.90@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1506-8502>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=761852

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57191250834>

Submitted: 29th December 2020. Revised: 22nd March 2020. Published online: 6th April 2020.