

РАЗДЕЛ 4. Экологическая безопасность

УДК 69.059.4/502.51

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В БАССЕЙНЕ МАЛЫХ РЕКИванкова¹ Т.В., Фесенко² Л.Н., Бандурин³ М.А.^{1,2}ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132, academy-design@maul.ru³ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, cheruga@mail.ru

Аннотация. В статье изложены проблемы строительных объектов (мостовые проезды) в бассейне малой реки Альма Бахчисарайского района Республики Крым. Приводятся результаты многофакторных исследований мостов через русло малой реки. Описаны типичные мостовые сооружения, основные типы их дефектов и повреждений. В работе дан расчет остаточного ресурса мостовых сооружений. Предложена разработанная авторами модель многофункционального программного комплекса геоинформационной системы (МПК ГИС), основанная на собранных натурных данных, структурированных в базы данных. Модель МПК ГИС направлена на риск-ориентированную структуру контроля мостовых сооружений по руслу рек. Данный продукт позволит планировать проверки в зависимости от уровня риска и остаточного ресурса сооружения.

Предмет исследования: транспортные строительные объекты в бассейне малой реки Альма, позволяющие разработать основы моделирования и метод прогнозирования экологической безопасности в бассейне рек.

Материалы и методы: при исследовании использовались общие научно-географические методы – статистический, картографический и др., представляющие собой набор полевых и камеральных методик. Диагностика антропогенной нагрузки осуществлялась путем дешифрирования детальных карт Google, SAS.Планета, Яндекс.Карты и использования ГИС-технологий (программный комплекс QGIS). Русло и долина реки обследовались пешеходными маршрутами. Точки наблюдений наносились на топографическую основу. Описание объектов сопровождалось фотодокументацией. Сооружения в бассейне р. Альма обследовались согласно действующим инструкциям с применением измерительных аттестованных приборов.

Результаты: экспериментально установлены многочисленные дефекты на мостовых сооружениях в бассейне малой реки Альма. Из 21 обследованного сооружения 3 мостовых проезда находятся в неработоспособном, 7 – в ограниченно работоспособном состоянии. Полное или частичное разрушение объектов городского хозяйства в русле реки создает реальную угрозу обрушения конструкций и может привести к авариям с материальным ущербом и человеческим жертвам. Разработана система для сбора данных по объектам городского, транспортного строительства в бассейне малой реки Альма. Базы представляют собой совокупность реляционных таблиц, в которых размещены сведения, организующие связь по заданным параметрам. Разработана модель «Многофункциональный программный комплекс «Геоинформационная система объектов городского, транспортного и водохозяйственного строительства бассейна малой реки Альма Республики Крым»», основанная на данных натурных исследований, многофакторном обследовании сооружений, расчете остаточного жизненного цикла эксплуатируемых сооружений и прогнозировании их дальнейшего технического состояния.

Выводы: результаты исследований следует рассматривать как основу практических методик для комплексной оценки экологической безопасности природно-технической системы бассейнов рек. Дальнейшая разработка темы может быть связана с масштабированием исследований урбанизированных территорий, мониторинга кризисных участков и прогнозирование дальнейшего состояния объектов городского и транспортного строительства.

Ключевые слова: мостовые сооружения, дефекты, повреждения, остаточный ресурс, риск-ориентированный подход, геоинформационная система.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы определяется наличием проблемы экологической безопасности природно-технических систем бассейнов малых рек Крымского полуострова, низким техническим уровнем безопасности объектов городского и транспортного строительства, отсутствием научных основ алгоритмов построения имитационных моделей ранжирования и прогнозирования остаточного жизненного цикла объектов природно-технических систем.

Устойчивость природно-технических систем бассейнов малых рек обеспечивается способностью

сохранять свою структуру и функциональные свойства при естественно-природных и антропогенно формируемых воздействиях объектами городского и транспортного строительства. Под природно-технической системой (ПТС) понимают совокупность природных и искусственных объектов, сформировавшихся на какой-то территории в результате строительства и эксплуатации промышленных комплексов, инженерных сооружений и технических средств, взаимодействующих с компонентами природной и социальной среды.

Проблема технического состояния мостовых сооружений вдоль русла рек в Республике Крым, как и в России в целом, очень актуальна. Согласно Постановления Совета министров Республики Крым от 29.12.2018 № 680 [1] и государственной программе Республики Крым «Развитие дорожного хозяйства Республики Крым» на 2019–2024 годы [2], на обеспечение транспортной доступности к сельским населенным пунктам Республики Крым, улучшение потребительских свойств автодорог, снижение транспортных издержек, обеспечение безопасности дорожного движения, сокращение протяженности автомобильных дорог, работающих в режиме перегрузки, обеспечение транспортной безопасности выделено 325,2 млрд. руб. Однако, финансирование Бахчисарайского района коснется в части 2 программ: строительство и реконструкция автомобильной дороги Керчь – Феодосия – Белогорск – Симферополь – Бахчисарай – Севастополь (граница Бахчисарайского района) и ремонт автомобильной дороги 35 ОП РЗ 35К-020 Бахчисарай - Ялта, км 26 + 100 - км 69 + 900.

Площадь Бахчисарайского муниципального района составляет 1588,6 км², что – 6,1% от территории Республики Крым, численность населения на 01.01.2021 г. составила 90911 чел. Протяженность автомобильных дорог, км: регионального значения – 193,1, межмуниципального значения – 254,44, муниципальных автомобильных дорог – 558,2, трамвайные пути – 0 км, железнодорожное сообщение – 23.

Существующие методы мониторинга не дают решения в прогнозировании экологической ситуации, поэтому тема обеспечения экологической безопасности природно-технических систем бассейнов малых рек в условиях Крымского полуострова является актуальной научной и практической проблемой для столицы Республики Крым – г. Симферополь и других крупных городов Крыма.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Экологической безопасностью природно-технических систем, формируемых объектами строительства, городского хозяйства и водохозяйственных комплексов РФ, занимались как российские ученые: Бакаева Н.В., Ветрова Н.М., Волшаник В.В., Карпенко Н.П., Пупырев Е.И., Слесарев М.Ю., Сметанин В.И., Теличенко В.И., Ткачев Б.П., Фролова Н.Л., так и зарубежные авторы: Ceballos G., Fidelis T., Haworth B., Hjoerland B., Richard T.T. Forman, ThiLoi D. и др.

Изучением малых рек, их состоянием и экологическими проблемами, антропогенными воздействиями, опасными проявлениями и управлением русловыми процессами занимались: Булатов В.И., Дальков М.П., Лапшенков В.С., Магамедзагиров З.М., Малик Л.К., Романов М.В., Тимченко З.В., Чалов С.Р., Черняев А.М. и др. В

существующих моделях не учитывалось прогнозирование экологической безопасности урбанизированных территорий с оценкой остаточного технического ресурса сооружений. Ранжирование объектов по классам опасности и расчет их остаточного ресурса, прогнозирование нагрузки на природно-техническую систему дает реальную картину состояния экологической ситуации в бассейне реки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа основана на фактическом материале, собранном авторами в 2015–2021 гг. при полевых исследованиях в бассейне реки Альма. Проанализированы многочисленные фондовые и опубликованные работы, позволившие выявить основные проблемы водообеспечения исследуемого объекта. В процессе исследования детально изучена природно-техническая система бассейна реки Альма. Проведен анализ проектной, строительной и эксплуатационной документации комплексов сооружений в бассейне реки и выполнена оценка их конструктивных элементов.

Полномасштабные данные исследований получены путем проведения маршрутных исследований русла реки и водосборного бассейна известными методами, сертифицированными приборами и стандартным промышленным оборудованием. Полученные данные обработаны с использованием статистических методов и лицензионных программных продуктов (QGIS 3.18, Next GIS QGIS, SAS.Планета).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Экспертное обследование состояния русла р. Альма и мостов проведено нами в летний межень период. На р. Альме сооружен 21 мост, в том числе 18 автомобильных, два пешеходных и один железнодорожный (рис.1). По результатам обследования составлена база мостовых переездов по критериальным значениям. Морфология русла реки различна на разных отрезках долины, в большинстве случаев она несет следы заметного технического воздействия и свидетельствует о деградации естественных русловых процессов из-за отсутствия воды или недостаточного её количества.

С помощью программного комплекса QGIS 3.18, была оцифрована транспортная сеть бассейна реки Альма, обозначены мостовые сооружения (рис.2).

Ниже представлена схема транспортной нагрузки на бассейн реки (рис.3). Согласно Водного кодекса Российской Федерации ст. 65 [3] «ширина водоохранной зоны, отсчитываемая от береговой линии водного объекта, принимается равной для ручьев и рек протяженностью свыше 50 км - 200 м». Русло реки пересекает 8 поселков (рис. 4).

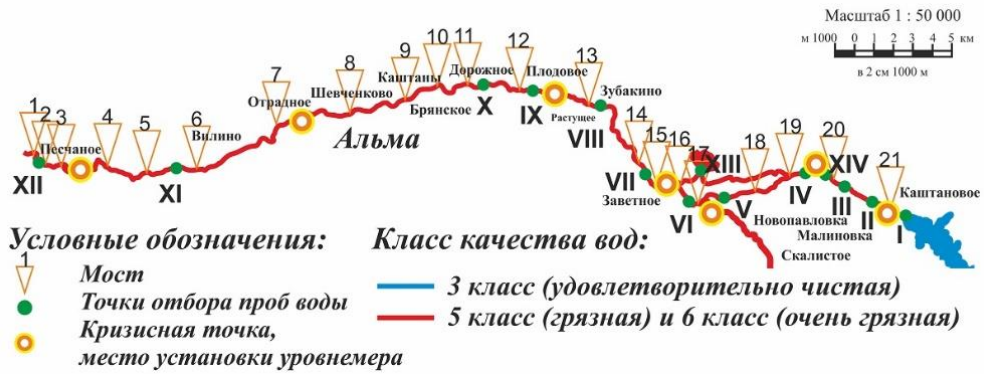


Рис. 1 Мостовые сооружения по руслу р. Альма
 Fig. 1 Bridge structures along the Alma riverbed

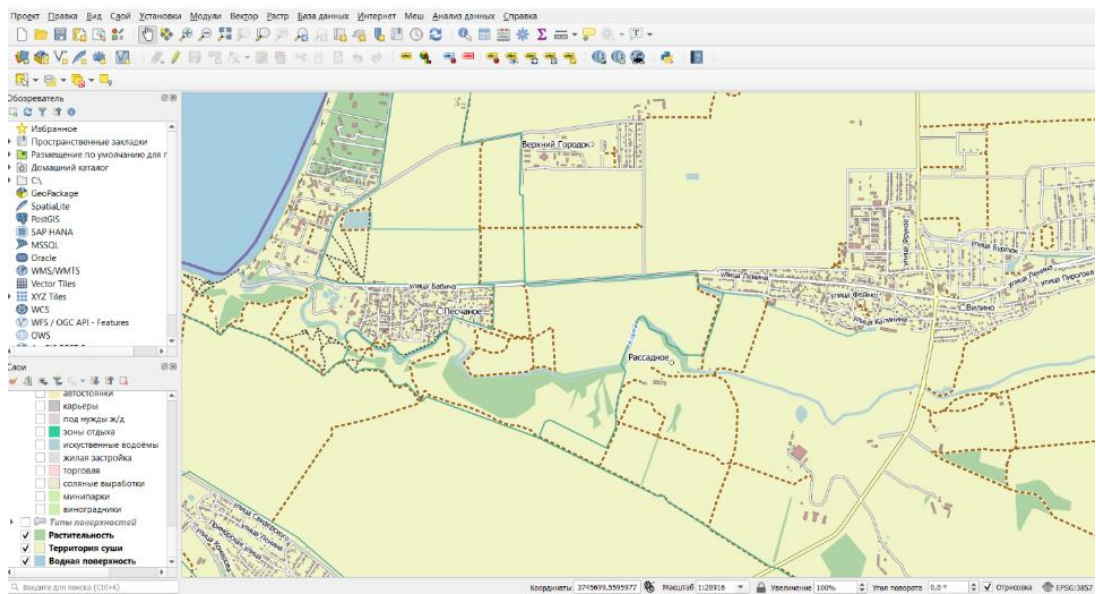


Рис. 2 Фрагмент оцифровки бассейна реки
 Fig. 2 Fragment of digitization of the river basin

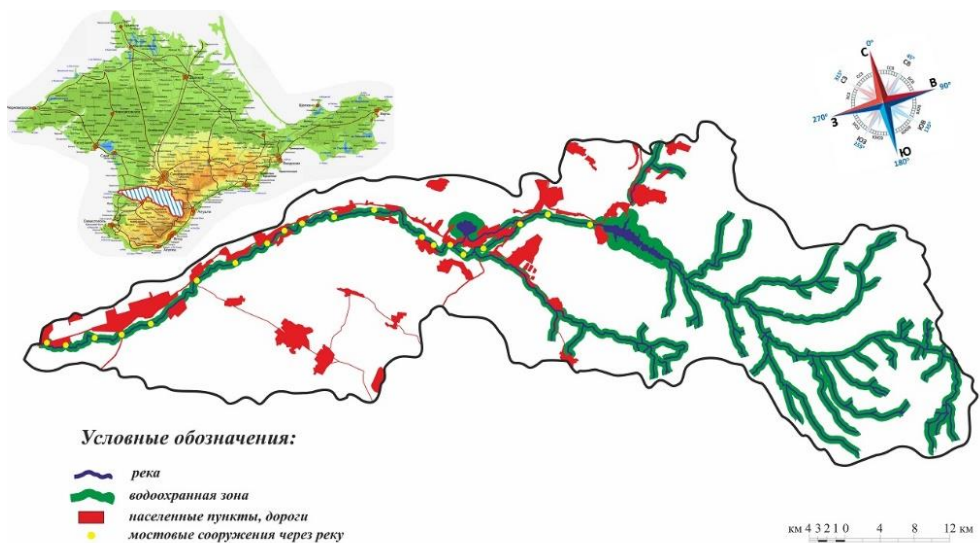


Рис. 3 Транспортная сеть бассейна р. Альма
 Fig. 3 Transport network of the Alma river basin



Рис. 4 Фрагмент водоохранной зоны р.Альма
Fig. 4 Fragment of the Alma river water protection zone

В программу «Развитие дорожного хозяйства Республики Крым» на 2019-2024 годы не закладывался осмотр, мониторинг и ремонт мостовых сооружений, при этом большинство из мостов было построено в 1950-1970 годы (рис.5), т.е. многие подходят к своему завершающему

жизненному циклу. Несовершенство систем мониторинга, позволяющих на постоянной основе контролировать состояние сооружений, является одним из факторов, приводящих к увеличению числа аварий.



Рис. 5 Неработоспособное состояние мостов через р. Альма
Fig. 5 Inoperable condition of bridges across the Alma river

Современные системы мониторинга установлены только на крупнейших федеральных мостах. В то же время разрушение железобетонных мостов на каналах и реках может нанести не меньший экономический ущерб государству из-за большого их количества. Эксплуатирующие организации должны следить за состоянием мостовых сооружений, согласно нормативным документам [4, 5] мосты обязаны проходить проверки каждые пять лет, но зачастую на них не хватает средств. В большинстве случаев причиной обрушения мостов является износ, конструктивные ошибки и несоблюдение установленных весовых ограничений [6]. Мостовые переезды подвергаются наибольшей нагрузке во время весенних паводков, а также зимних низких температур. В случае обрушения моста из-за чрезмерного износа ответственность за последствия ложится на соответствующие эксплуатационные и надзорные службы, в обязанности которых входит контроль за состоянием инженерных сооружений. Однако часто контроль за состоянием мостов отсутствует или проблемы выявляются, но мост продолжает

эксплуатироваться. В связи с вышеизложенным проблема получения своевременной, полной и объективной информации для принятия оптимальных решений по планированию и организации обследований и ремонта мостовых сооружений, расположенных вдоль русла реки, становится очень актуальной.

Нами были выполнены визуальные и инструментальные обследования мостовых переездов по руслу малой реки Альма в Бахчисарайском районе Республики Крым [7-9], для оценки их технического состояния и остаточного ресурса (табл.1).

По результатам проведенных обследований было выделено 3 наиболее часто встречающихся типа мостов, характерных для данного района:

1. железобетонные мостовые сооружения на сваях (рис. 6, 8);
2. железобетонные мостовые сооружения на массивных фундаментах (рис.9);
3. металлические мостовые сооружения (пешеходные) (рис.7).

Таблица 1. Координаты точек наблюдений и места их расположения
Table 1. Coordinates of observation points and their locations

№	Вид сооружения (view of the structure)	Координаты (coordinates)	Ближайший населенный пункт (Nearest settlement)
1	Автомобильный мост	N 44°84'50.4'' E 033°60'05.1''	с. Песчаное
2	Автомобильный мост	N 44°50'28.0'' E 033°36'23.2''	с. Песчаное
3	Автомобильный мост	N 44°50'31.0'' E 033°36'48.6''	с. Песчаное
4	Автомобильный мост	N 44°83'20.4'' E 033°63'80.2''	с. Рассадное
5	Автомобильный мост	N 44°50'17.3'' E 033°39'30.0''	пос. Вилино
6	Автомобильный мост	N 44°50'42.0'' E 033°42'01.5''	пос. Вилино
7	Автомобильный мост	N 44°51'20.1'' E 033°43'36.4''	пос. Отрадное
8	Автомобильный мост	N 44°51'39.3'' E 033°45'48.7''	пос. Шевченково
9	Автомобильный мост	N 44°51'55.5'' E 033°47'34.2''	пос. Каштаны
10	Автомобильный мост	N 44°52'04.6'' E 033°47'54.4''	пос. Брянское
11	Автомобильный мост	N 44°52'07.9'' E 033°48'33.9''	с. Дорожное
12	Автомобильный мост	N 44°52'04.9'' E 033°51'05.9''	с. Плодовое
13	Автомобильный мост	N 44°51'44.7'' E 033°53'14.9''	с. Зубакино
14	Автомобильный мост	N 44°50'23.0'' E 033°54'46.1''	с. Зубакино
15	Автомобильный мост	N 44°50'10.1'' E 033°55'32.3''	с. Почтовое
16	Железнодорожный мост	N 44°49'48.9'' E 033°55'59.3''	с. Почтовое
17	Автомобильный мост	N 44°49'46.6'' E 033°56'40.6''	с. Почтовое
18	Автомобильный мост	N 44°49'46.7'' E 033°56'40.5''	с. Новопавловка
19	Автомобильный мост	N 44°83'78.9'' E 033°99'30.3''	с. Тополи
20	Металлический мост	N 44°50'01.0'' E 034°00'51.1''	с. Малиновка
21	Автомобильный мост	N 44°49'25.3'' E 034°02'37.9''	с. Кизилово

В результате обследования были выявлены повреждения и дефекты железобетонных стен, железобетонных опор, балок моста, дорожного покрытия, ограждения. Преобладающими аварийными дефектами являются образование дефектов, нарушающих нормальную работу

конструкции, нарушение стыковых соединений. Опасными дефектами, вызывающими ухудшение эксплуатационных свойств конструктивных элементов, являются трещины, отслаивание защитного слоя бетона, коррозия бетона.



Рис. 6 Железобетонных мосты на сваях
Fig. 6 Reinforced concrete bridges on stilts



Рис. 7 Металлический мост
Fig. 7 Metal bridge



Рис. 8. Железобетонный мост без ограждений
Fig. 8. Reinforced concrete bridge without fences



Рис. 9. Мосты на массивных опорах
Fig. 9. Bridges on massive supports

При расчете остаточного срока службы длительно эксплуатируемых железобетонных мостов, были использованы методики, описанные в монографии [9]. Общая оценка ущерба строительной конструкции рассчитывалась по формуле 1:

$$\xi = \frac{a_1 \xi_1 + a_2 \xi_2 + \dots + a_i \xi_i}{a_1 + a_2 + \dots + a_i} \quad (1)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$ - средняя величина повреждений отдельных видов конструкций, $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$ - коэффициенты значимости отдельных видов конструкций для мостового сооружения.

Таблица 2. Значения характеристик надежности J и поврежденности ξ от состояния конструкций (по методике [10])

Table 2. Values of reliability characteristics J and damage ξ from the condition of structures (according to the method [10])

№	Категория технического состояния	Средняя относительная надежность $J = \gamma / \gamma_0$	Поврежденность $\xi = 1 - J$
1	Исправное	1	0
2	Работоспособное	0,95	0,05
3	Ограниченно работоспособное	0,85	0,15
4	Неработоспособное	0,75	0,25
5	Аварийное	0,65	0,35

По методике В.И. Соболева [11,12] работоспособность системы строительных конструкций определяется из выражения:

$$J_c = 1 - \xi_c \quad (2)$$

где ξ_c – общий физический износ системы, который рассчитывается по формуле:

$$\xi_c = \frac{\sum_{j=1}^m \xi_{kj} \cdot Z_j}{\sum_{j=1}^m Z_j} \quad (3)$$

где ξ_{kj} – физический износ конструкций системы j-го вида; Z_j – коэффициенты влияния j-х видов конструкций на состояние других; m – общее количество видов конструкций в системе.

Физический износ конструкции системы определяется из выражения:

$$\xi_{kj} = \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{P_i}{P_k} \quad (4)$$

здесь ξ_i – физический износ участка конструкции; P_i – размеры (длина или площадь) поврежденного участка, измеряемая в м или m^2 ; P_k – размеры всей

конструкции так же в м или в m^2 ; n – число поврежденных участков.

Остаточный ресурс здания или сооружения определяется по формуле:

$$P = \frac{(J_c - 0,75) \cdot 100\%}{k} \quad (5)$$

где 0,75 – минимальное значение коэффициента надежности для зданий и сооружений; k – коэффициент скорости физического износа выражается в % и определяется по формуле:

$$k = k_{н.э.} + k_n \quad (6)$$

где $k_{н.э.}$ – коэффициент скорости физического износа сооружения, учитывающий условия эксплуатации; k_n – нормативный коэффициент износа, определяемый по формуле:

$$k_n = 100 / T_n \quad (7)$$

здесь T_n – нормативный срок службы здания или сооружения.

По методике [13] вычислены коэффициенты значимости для мостового сооружения с тремя пролетами. Выполненные расчеты для определения коэффициентов значимости сведены в таблицу 3.

Таблица 3. Определение коэффициентов значимости для конструкций железобетонного моста
Table 3. Determination of significance coefficients for reinforced concrete bridge structures

№	Конструкция	Объем конструкции	$\frac{V_{конструкции}}{V_{моста}}$	Коэффициенты значимости
1.	Свайные опоры	5,64	0,20	1,0
2.	Плиты дорожного покрытия	13,1	0,5	0,8
3.	Асфальтобетонное дорожное покрытие	5,25	0,19	0,3
4.	Тротуар	1,31	0,04	0,11
5.	Ограждение	2,1	0,07	0,04
Итого:		27,4	1,0	

Приведем пример расчета остаточного ресурса для моста № 14 в районе с. Зубакино. Оценка остаточного ресурса железобетонных мостостроительных конструкций проводилась на основании повреждений.

Таблица 4. Категории состояния и средние величины повреждений конструкций
Table 4. Categories of condition and average values of structural damage

№ п/п	Признаки воздействия внешней среды на конструкцию	Категория состояния	Средняя величина повреждений	Коэффициенты значимости α
1	Подмостовное русло	2	0,05	1,0
2	Свайные опоры моста	2	0,05	1,0
3	Железобетонные пролетные балки	3	0,15	0,8
4	Сборные железобетонные плиты	3	0,15	0,3
5	Асфальтобетонное покрытие проезжей части	2	0,05	0,11
6	Конструкции тротуара и ограждения	2	0,05	0,04

Общая оценка поврежденности моста по формуле (1):

$$\xi = \frac{0,05 \cdot 1 + 0,05 \cdot 1 + 0,15 \cdot 0,8 + 0,15 \cdot 0,3 + 0,05 \cdot 0,11 + 0,05 \cdot 0,04}{1 + 1 + 0,8 + 0,3 + 0,11 + 0,04} = 0,08 \quad (8)$$

Относительная надежность моста по формуле (2):

$$J = 1 - \xi = 1 - 0,08 = 0,92 \quad (9)$$

т. е. категория технического состояния моста по значению коэффициента J ближе подходит к состоянию 2 – работоспособное состояние.

Поскольку мост был введен в эксплуатацию в 1970 году, на момент расчета срок службы моста составлял 51 год. Срок эксплуатации конструкции или сооружения до капитального ремонта в годах, то есть при $J = 0,75$, будет определяться:

$$t_{кан.рем.} = -\ln 0,75 / \lambda \approx 0,25 / \lambda \quad (10)$$

Тогда коэффициент износа, учитывающий условия эксплуатации по формуле (20) и выраженный в процентах, равен:

$$k = -(\ln J / t) \times 100\% = -(\ln 0,92 / 51) \times 100\% = 0,17\% \quad (11)$$

Нормативный коэффициент износа:

$$k_{н.} = 100 / T_{н.} = 100 / 70 = 1,43 \quad (12)$$

Коэффициент скорости физического износа:

$$k = k_{н.э.} + k_{н.} = 0,17 + 1,43 = 1,6 \quad (13)$$

Остаточный ресурс моста:

$$R = (0,92 - 0,75) \times 100 / 1,6 = 10,6 \quad (14)$$

Остаточный срок службы моста №14 по руслу реки Альма, расположенного вблизи с. Зубакино составляет 10 лет и 6 месяцев. Величина остаточного ресурса позволяет устанавливать сроки безопасной эксплуатации и выполнения планового капитального ремонта моста.

Выполненный расчет показал возможность определения оставшегося срока службы мостового сооружения по каналам и руслам рек. Предлагаемый подход к определению коэффициента значимости сооружения как отношения объема возможного обрушения моста в результате его аварии к общему объему моста позволит более точно отразить несущую способность сооружения. Следует также понимать, что число R лет, полученное в результате расчета оставшегося срока службы мостовой конструкции, не означает, что по истечении этих лет

мост разрушится. Кроме того, этот расчет не гарантирует, что мост прослужит указанное количество R лет. Разрушение моста может произойти раньше указанного срока под воздействием внешней силы или климатических факторов, или наоборот, мост может простоять в 2-3 раза дольше при отсутствии внешних силовых факторов.

По результатам авторских исследований была составлена структура для формирования баз данных городского, транспортного и водохозяйственного строительства по критериальным значениям, техническому состоянию и оценке уровня безопасности (рис.10). Модель является комплексной системой для сбора, хранения, анализа.

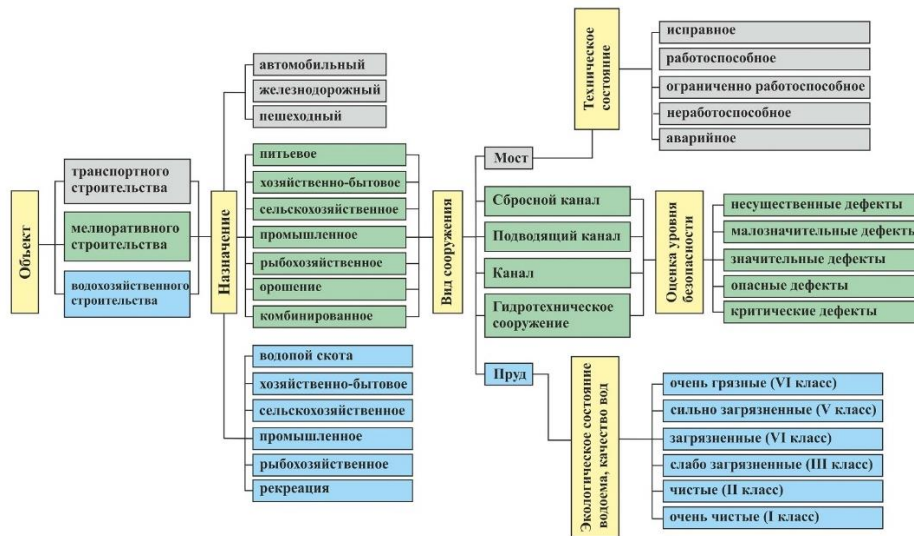


Рис.10. Структура модели многофункционального программного комплекса
 Fig.10. The structure of the model of a multifunctional software package

По составленной структуре разработана цифровая модель многофункционального программного комплекса геоинформационной системы объектов городского, транспортного и водохозяйственного строительства в бассейне реки Альма, содержащая обработанную информацию – параметры сооружения, функциональное

назначение, морфометрические признаки, геоморфологические особенности, физико-химические исследования проб воды, оценку технического состояния, рассчитанный остаточный ресурс сооружения (рис.11).

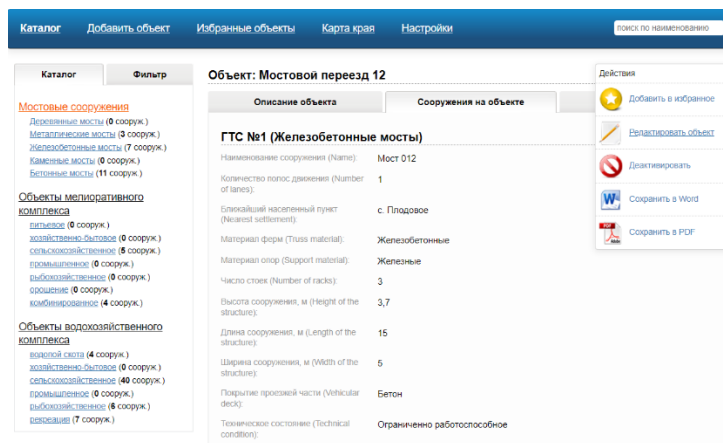


Рис. 11 Структура ГИС
 Fig. 11 GIS structure

Достоинства разработанной модели:

1. Включает в собственную базу данных сведения по обследованию технического состояния сооружений (параметры, техническое состояние, фотоматериалы, функциональное назначение, балансовая принадлежность).
2. Осуществляет удобный поиск сведений об объектах в базе данных.
3. Отображает месторасположение гидротехнического объекта с привязкой к спутниковой карте (Яндекс Карты, Google Maps, Nokia OVI);
4. Работает по архитектуре «клиент-сервер» и поддерживает кросс-браузерность (сведения из базы данных пользователь по защищенному протоколу с использованием глобальной сети передачи данных «Интернет» может получить из любой точки мира и с любого устройства (ПК, планшет, смартфон).
5. Разграничивает уровни доступа к базе данных (пользователь, редактор, администратор).
6. Позволяет добавлять объекты и редактировать сведения имеющихся и осуществлять экспорт в документы MS Word и Adobe PDF.

ВЫВОДЫ

Объекты городского и транспортного строительства в бассейне малой реки Альма эксплуатируются свыше 50 лет, техническое состояние мостовых сооружений не соответствует требованиям, при этом постоянного мониторинга не ведется.

Настоящая работа посвящена разработке цифровой модели, позволяющей прогнозировать риски в природно-технической системе бассейна (на примере малой реки Альма). В работе на основе проведенных теоретических, натурных и численных исследований решена актуальная задача по повышению экологической безопасности городской среды за счет мониторинга, оценки, ранжирования технического состояния строительных объектов и прогнозирования рисков на урбанизированной территории бассейна реки. В разработанной модели ГИС нами предложено ранжирование обследуемых сооружений согласно риск-ориентированного подхода. В целях снижения общей административной нагрузки на субъекты хозяйственной деятельности и повышения уровня эффективности контрольно-надзорной деятельности мы предлагаем схему перехода на риск-ориентированную модель контроля – от тотального контроля к дифференцированному планированию проверок в зависимости от уровня риска. Чем выше категория риска (класс опасности), тем чаще проводятся плановые проверки. Управление риском – меры, направленные на снижение уровня риска. Расчет остаточных сроков службы мостовых сооружений позволит в рамках государственной программы Республики Крым «Развитие дорожного хозяйства Республики Крым» на 2019-2024 годы правильно организовать

очередность восстановления мостов через русло рек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Совета министров Республики Крым от 29.12.2018 № 680. Интернет-ресурс: <https://rk.gov.ru/ru/document/show/15268>.
2. Государственная программа Республики Крым «Развитие дорожного хозяйства Республики Крым». Интернет-ресурс: <https://minek.rk.gov.ru/ru/structure/1822>.
3. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 02.07.2021) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/.
4. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84. – М.: 2011. – 346 с.
5. СП 79.13330.2012 Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. Актуализированная редакция СНиП 3.06.07-86. – М.: 2012. – 34 с.
6. Белогай, С. Г. Мониторинг технического состояния и продление жизненного цикла мостовых переходов на каналах: монография / СП Белогай, Я.В. Волосухин, М.А. Бандурин. – М: РИОР: ИНФРА-М, 2019. – 268 с.
7. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2021620320 База данных объектов строительства и городского хозяйства через малую реку Альма (Республика Крым) / Т.В. Иванкова; заявитель и правообладатель Т.В. Иванкова. – 2021620320, дата регистрации 24.02.2021 г.
8. Иванкова Т.В. Обследование бассейновой геосистемы малой реки Альма (Республика Крым) Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений: материалы XIX международной научно-технической конференции, г. Новочеркасск 22-23 октября 2020 г. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: Лик, 2020. – С.131-136.
9. Иванкова Т.В. Оценка степени антропогенной нагрузки в бассейне малой реки Альмы Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 12. – С. 4-12.
10. Дефекты и повреждения строительных конструкций мостов на мелиоративных каналах Ростовской области / Юж.-Рос. гос. политех. ун-т (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ) имени М.И. Платова, 2013. – 140 с.
11. Соболев В.И. Методика определения остаточного ресурса на основе разработки структурной схемы// Соболев В.И., Евтушенко С.И., Шутова М.Н., Химишев З.Х. / Изв. высш. уч. заведений. Сев.-Кав. регион. Техн. науки. – 2006. – №2. – Прил.№2. – С.110-112.
12. Соболев В.И. Предварительный расчет остаточного ресурса на основе результатов оценки надежности конструкций по внешним признакам// Соболев В.И., Евтушенко С.И., Соболев В.В.,

Шутова М.Н., Химишев З.Х. / Изв. высш. уч. заведений. Сев.-Кав. регион. Техн. науки. – 2006. №2. – Прил.№2. – С.113-115.

13. Крахмальня, М.П. Разработка методики оценки технического состояния, расчета остаточного ресурса и мониторинга железобетонных автодорожных мостов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.01, 05.23.11 Ростов-на-Дону 2014

REFERENCES

1. Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Crimea No. 680 dated 29.12.2018. Online resource: <https://rk.gov.ru/ru/document/show/15268>.
2. The State program of the Republic of Crimea Development of the road economy of the Republic of Crimea. Online resource: <https://minek.rk.gov.ru/ru/structure/1822>.
3. Water Code of the Russian Federation of 03.06.2006 N 74-FZ (as amended on 02.07.2021) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/.
4. SP 35.13330.2011 Bridges and pipes. Updated version of SNiP 2.05.03-84. – Moscow: 2011. – 346 p.
5. SP 79.13330.2012 Bridges and pipes. Rules of surveys and tests. Updated version of SNiP 3.06.07-86. – M.: 2012. – 34 p.
6. Belogai, S. G. Monitoring of the technical condition and prolongation of the life cycle of bridge crossings on canals: monograph / S.G. Belogai, Ya.V. Volosukhin, M.A. Bandurin – M: RIOR: INFRA-M, 2019. – 268 p.
7. Certificate of registration of the database RU 2021620320 Database of construction and municipal facilities across the small Alma River (Republic of Crimea) / T.V. Ivankova; applicant and copyright holder T.V. Ivankova. – 2021620320, registration date 24.02.2021.
8. Ivankova T.V. Survey of the basin geosystem of the small Alma River (Republic of Crimea) Information technologies in the survey of operated buildings and structures: materials of the XIX International Scientific and Technical Conference, Novochoerkassk, October 22-23, 2020 / South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov. – Novochoerkassk: Lik, 2020. – Pp. 131-136.
9. Ivankova T.V. Assessment of the degree of anthropogenic load in the basin of the small Alma river Water supply and sanitary equipment. – 2019. – № 12. – Pp. 4-12.
10. Defects and damages of building structures of bridges on meliorative canals of the Rostov region / South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov. – Novochoerkassk: NPI named after M.I. Platov, 2013. – 140 p. (In Russian)
11. Sobolev V.I. Methodology for determining the residual resource based on the development of a block diagram// Sobolev V.I., Yevtushenko S.I., Shutova M.N., Himishev Z.H. / Izv. higher educational institutions. Sev.-Kav. region. Technical sciences. – 2006. No.2. – Adj. No. 2. – Pp.110-112. (In Russian)
12. Sobolev V.I. Preliminary calculation of the residual resource based on the results of the assessment of the reliability of structures by external signs// Sobolev V.I., Yevtushenko S.I., Sobolev V.V., Shutova M.N., Himishev Z.H. / Izv. higher educational institutions. Sev.-Kav. region. Technical sciences. – 2006. No.2. – Appendix No. 2. – Pp.113-115.
13. Krahmalnaya M.P. Development of a methodology for assessing the technical condition, calculating the residual resource and monitoring reinforced concrete road bridges: dissertation. Candidate of Technical Sciences: 05.23.01, 05.23.11 – Rostov-on-Don – 2014.

ENVIRONMENTAL SAFETY ENSURING OF CONSTRUCTION PROJECTS IN BASINS OF SMALL RIVERS

T.V. Ivankova¹, L.N. Fesenko², M.A. Bandurin³

^{1,2}Platov South Russian State Polytechnic University (NPI),
346428, Rostov region, Novocherkassk, Prosveshcheniya, 132, academy-design@maul.ru

³Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin,
Krasnodar, Kalinina str., 13, 350044, Russia, chepura@mail.ru

Abstract. The article describes problems of construction projects (bridge crossings) in the basin of the small Alma river in the Bakhchisarai district of the Republic of Crimea. The results of multifactorial studies of bridges over the small riverbed are presented. Types of crossings structures, principal types of their defects and damages are described. The paper provides a calculation of the residual resource of bridge structures. A model of a multifunctional software complex of a geoinformation system (IPC GIS) developed by the authors is submitted, based on the collected field data structured into databases. The IPC GIS model is aimed at a risk-oriented structure for control of bridge structures along the riverbed. This product will allow you to plan inspections depending on the risk level and residual life of the structure.

Subject of research: transport construction facilities in the basin of the small Alma River, allowing to develop the basics of modeling and a method for predicting environmental safety in the river basin.

Materials and methods: the study used general scientific and geographical methods - statistical, cartographic and others, which are represented as a set of field and desktop studies. The diagnosis of anthropogenic load was carried out by decrypting detailed Google maps, SAS.Planet, Yandex.Maps and usage of GIS technologies (QGIS software package). The riverbed and valley were surveyed by walking routes. The observation points were plotted on a topographic basis. The description of the objects was accompanied by photo documentation. Structures in the basin of the Alma were examined according to the relevant operational instructions with the use of certified measuring equipment.

Results: numerous defects have been experimentally established on the bridge structures in the basin of the small Alma River. Twenty-one surveyed structures that were used as the basis for testing, 3 bridge crossings are in a non operable condition, 7 are in a limited working condition. Complete or partial destruction of urban facilities in the riverbed creates a real threat of collapse of structures and can lead to accidents with material damage and human casualties. A system has been developed to collect data on urban and transport construction sites in the basin of the small Alma River. Databases are a set of relational tables that contain information that organizes connectivity according to set parameters. The model «Multifunctional software complex «Geoinformation system of objects of urban, transport and water management construction of the basin of the small Alma River of the Republic of Crimea» has been developed, it is based on data from field studies, multifactorial inspection of structures, calculation of the residual life cycle of operated structures and forecasting their further technical conditions.

Conclusions: the research results should be considered as the basis of practical methods for a comprehensive assessment of the environmental safety of the natural and technical system of river basins. Further development of the issue may be related to scaling up studies of urbanized territories, monitoring of crisis areas and forecasting the future state of urban and transport construction facilities.

Key words: bridge structures, defects, damages, residual resource, risk-oriented approach, geoinformation system.