

УДК: 624.21

**ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ МОСТОВ
НА ВОЕННО-АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ**
**THE PROBLEM OF ASSESSING THE RELIABILITY OF BRIDGES
ON MILITARY-ROAD ROADS**

Д-р воен. наук А.А. Целыковских, д-р техн. наук В.Н. Мячин, канд. техн. наук А.А. Белый

DPhil A.A. Tselykovskikh, DPhil V.N. Myachin, PhD A.A. Belyj

ВА МТО им. А.В. Хрулева

В статье изложены вопросы оценки надежности мостовых переходов и структурирована их схема на сети военно-автомобильных дорог, состоящая из временных и капитальных объектов, приведена статистика для каждого из типа объектов. Зафиксирован факт значительного количества постоянных мостовых сооружений на автомобильных дорогах оборонного значения, которые в случае военных действий будут переведены в статус военных мостов. Рассмотрены способы восстановления мостов на военно-автомобильных дорогах. Показаны способы определения нормативной, начальной и эксплуатационной надёжности.

Ключевые слова: надежность, военный мост, постоянный мост, сеть военно-автомобильных дорог, интегральная характеристика.

The article describes the reliability of bridge crossings and structured their scheme on a network of military highways, consisting of temporary and capital facilities, provides statistics for each type of facility. The fact of a significant number of permanent bridge structures on highways of defense significance, which in the event of hostilities will be transferred to the status of military bridges, is recorded. Methods of restoration of bridges on military highways are considered. The methods of determining the standard, initial and operational reliability are shown.

Keywords: reliability, military bridge, permanent bridge, of bridges on military-road roads, network, integrated characteristic.

В мирное время на автомобильных дорогах в местах их пересечения с водными преградами располагаются мостовые переходы, которые включают непосредственно мостовые сооружения, подходы к нему и регуляционные сооружения. В военное время на военно-автомобильных дорогах также будут располагаться мостовые переходы капитального типа и будут функционировать временные военные мосты, возведенные взамен разрушенных постоянных мостовых пе-

реходов. Как известно, военный мост — это мост, возведенный дорожными (инженерными) войсками взамен разрушенного, или в других случаях, когда военно-автомобильная дорога прокладывается по новому направлению — в месте её пересечения с водной преградой. Следовательно, мостовой переход на военно-автомобильных дорогах — это существующий постоянный (капитальный) мост, используемый для тылового и воинского движения, либо возведенный войска-

ми взамен разрушенного, или на новом направлении военно-автомобильной дороги.

Таким образом, в условиях ведения военных действий, в отличие от мирного времени, под мостовым переходом рассматривается действующий, возведенный войсками временный мост, или восстановленный постоянный мост с обеспечивающим его техническое прикрытие мостовыми частями дорожных войск. Если постоянный мост возведен через крупную водную преграду, то с началом военных действий он, если военно-автомобильные дороги будут находиться на направлении сосредоточения основных усилий действий противоборствующих сторон, будет разрушен с высокой степенью вероятности.

Выполненные исследования и опыт локальных войн и вооруженных конфликтов дают основание утверждать, что в ходе операции противник может разрушить в полосе объединенного стратегического командования:

- до 100% больших мостов (длиной свыше 100 м);
- 40%–60% средних мостов (длиной от 25 м до 100 м);
- 15%–20% малых мостов (длиной менее 25 м).

Объемы восстановления мостов будут значительно возрастать от повторных разрушений. При повторных ударах вероятного противника могут быть разрушены 50%–100% больших мостов, 20%–40% средних мостов и 10%–25% малых мостов. Для восстановления движения на участках военно-автомобильных дорог будут сосредоточены группировки дорожных войск с целью организации района переправ, который может включать временные мосты на жестких опорах, наплавные мосты, паромные переправы, ложные мосты [1–4].

Таким образом, район переправ — это участок на военно-автомобильной дороге с расположенными мостами и паромными переправами, функционирование которых обеспечивает группировка дорожных войск и войск ПВО, находящихся на техническом прикрытие этого района. Следовательно, структура мостовых переходов, расположенных на военно-автомобильной дороге, может быть представлена в виде системы объектов (рис. 1).

Способы восстановления мостов на военно-автомобильных дорогах включают в себя использование временных сооружений из местных строительных материалов, а также использование инвентарных конструкций для устройства табельных разборных мостов, низководных мостов, паромных переправ, комбинацией средств. Известны конструктивные решения по восстановлению постоянных мостовых переходов на военно-автомобильных дорогах с использованием инвентарных конструкций, а количество временных сооружений из местных строительных материалов не поддается подсчету. На территории Российской Федерации таким материалом преимущественно является дерево, прочностные характеристики которого известны своей неоднородностью. Также подобного рода мостовые переходы отличаются своей малой надежностью, высокой трудоемкостью.

Постоянные мосты капитального типа, расположенные на военно-автомобильных дорогах — это прежде всего железобетонные мосты, а также выполненные из металла и сталежелезобетона. Деревянных мостов на автомобильных дорогах осталось небольшое количество. При этом в ходе реконструкции автомобильных дорог такие мосты заменяют на мосты капитального типа.

Авторами установлено, что на потенциальных военно-автомобильных дорогах может быть

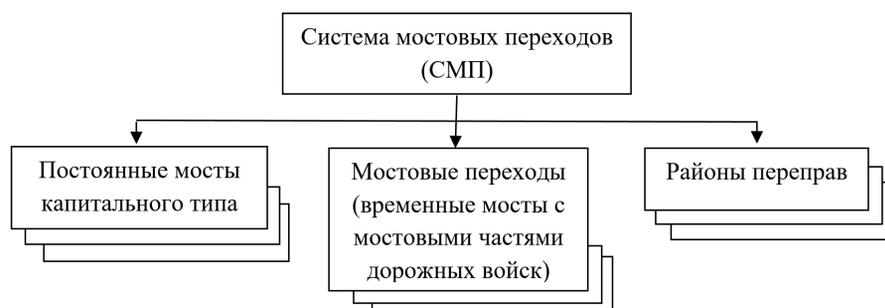


Рис. 1. Структурная схема мостовых переходов на военно-автомобильной дороге в виде системы объектов

не менее 3900 шт. постоянных мостовых переходов, преимущественно расположенных на автомобильных дорогах оборонного значения. Общие статистические сведения по мостовым сооружениям на автомобильных дорогах Российской Федерации (в том числе на автомобильных дорогах оборонного значения (АДОЗ)), в зависимости от материала и длины пролётных строений, приведены в таблице.

Данные о количестве мостов и материале их изготовления (табл.), позволяют констатировать, что на потенциальной сети военно-автомобильных дорог может находиться до 60% постоянных мостов капитального типа малой и средней протяженности, не разрушенных противником. В таком случае, основной объем воинских и эвакуационных перевозок, придется именно на эти сооружения, надежность которых необходимо будет оценивать в короткие сроки с высокой степенью достоверности.

В настоящее время у дорожных войск для решения данной задачи нет методологического аппарата, что является проблемой, которую необходимо решать в кратчайшие сроки. Поэтому в материале данной статьи и рассматривается возможный подход к решению выявленной проблемы.

Количественным критерием, отражающим процессы, происходящие с мостом как техническим объектом в течение его срока службы, является надежность. Графически надежность можно представить в виде графика, показанного на рис. 2, а аналитически — в виде неравенства:

$$N_{\text{теор}} > N_{\text{нач}} \geq N_{\text{эксп}}$$

где $N_{\text{теор}}$ — теоретическая (нормативная) надежность;

$N_{\text{нач}}$ — начальная (фактическая) надежность;

$N_{\text{эксп}}$ — эксплуатационная надежность в каждый конкретный момент времени.

Нормативная надежность, соответствующая уровню проектирования, определяется научным уровнем действующих норм и технических условий, точностью выполнения требований нормативной документации, правильностью назначения расчетных схем и расчетов, рациональностью выбора конструктивных решений. Начальная надежность на стадии строительства и изготовления определяется уровнем выполнения строительно-монтажных работ, в том числе тщательностью соблюдения технологических

Таблица

Распределение постоянных мостовых переходов по материалу и длине пролетов на автомобильных дорогах Российской Федерации

характеристика	Распределение по материалу			Распределение по длине		Распределение по материалу и длине (гр. 4 х гр. 6), %	Кол-во капитальных мостовых переходов на АДОЗ, шт.
	количество, %			характеристика	количество, %		
1	федеральные автодороги	региональные автодороги	в целом по стране	2	3	4	5
Металлические	9,00	6,00	6,38	большие	50	3,19	125
				средние	50	3,19	125
				малые	0	0	0
Железобетонные	77,95	85,00	84,10	большие	5	4,20	164
				средние	5	4,20	164
				малые	90	75,69	2952
Сталежелезобетонные	13,00	5,00	6,03	большие	50	3,01	118
				средние	50	3,01	118
				малые	0	0	0
Деревянные	0,05	4,00	3,49	большие	0	0	0
				средние	10	0,35	14
				малые	90	3,14	123

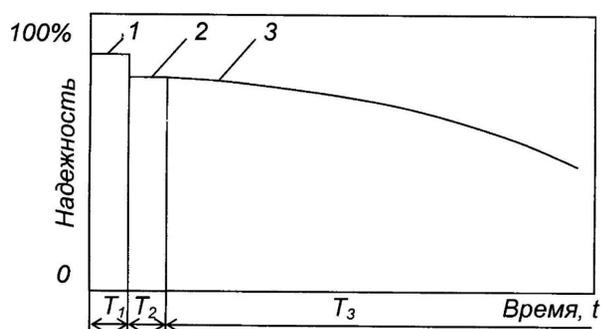


Рис. 2. Надежность нормативная, начальная и эксплуатационная: 1 — нормативная надежность; 2 — начальная надежность; 3 — эксплуатационная надежность; T_1 — время проектирования; T_2 — строительный период; T_3 — период эксплуатации

процессов, точностью монтажа, натяжения высокопрочных болтов и высокопрочной арматуры, качеством выполнения сварных швов, правильностью разбивки осей и др.

Начальная надежность зависит от величины отклонений геометрических размеров от проектных и качества применяемых строительных материалов (величины неоднородности свойств материалов). Эксплуатационная надежность или надежность на стадии эксплуатации зависит от соблюдения нормативного уровня нагрузки и нормативных требований режима эксплуатации (скорости движения, габаритов перевозимых грузов и транспортных средств, норм содержания). Конечная (эксплуатационная) надежность определяется надежностью, достигаемой как при проектировании, так и при изготовлении, причем с течением времени эксплуатационная надежность уменьшается вследствие накопления в конструкции дефектов и повреждений, в том числе износных, а также старения материала — ухудшения физико-механических свойств во времени вследствие особенностей изменения структурных свойств и влияния внешней среды.

Классической надежностью или так называемой, «теорией надежности» занимались видные отечественные ученые А.Р. Ржаницын, В.В. Болотин, Н.С. Стрелецкий, В.Д. Райзер и другие. Ими были заложены основы теоретической базы, используемой как в нормативной документации по строительным конструкциям (СНиП, СП, ТУВАМ, ТУВЖМ и др.), так и в продолжающихся исследованиях научного плана. Методы оценки надежности конструкций, предложенные указанными авторами, отличаются простотой расчета,

благодаря принятым в этих работах допущениям, подчинения всех параметров закону нормального распределения. Основные недостатки данных методов заключаются в игнорировании фактора времени, недостаточного проведения экспериментальных испытаний и большого объема необходимых математических расчетов.

Исследователями конца XX–начала XXI века вопрос общей надежности был переведен в практическую плоскость, т.е. была предпринята попытка использовать данное понятие как некий действенный инструмент. Среди этих работ отметим исследования В.П. Чиркова, Л.И. Иосилевского и В.О. Осипова, послужившие основой для дальнейших научно-прикладных исследований.

С точки зрения военного мостостроения развитие методов управления надежностью и сопутствующих направлений исследования можно охарактеризовать следующим образом. Вопросы надежности военно-автомобильных дорог развиты в трудах профессора И.А. Золотаря, где на базе положений классической теории надежности с учетом специфики военно-автомобильных дорог были предложены основополагающие решения, способствовавшие дальнейшему исследованию в ряде диссертаций и монографий. В области военных автодорожных мостов некоторые вопросы надежности, в основном отдельных мостовых конструкций, исследованы в работах Н.И. Иваненко, В.И. Пугачева, П.В. Романчука и др. Достаточно широко освещены вопросы надежности в исследовании И.А. Иващенко, где надежность рассматривалась как составляющая устойчивости функционирования системы мостовых переходов на военно-автомобильных дорогах. Также стоит отметить работы С.А. Недоваркова, С.Б. Андрушко, В.И. Аксенкина, И.С. Калинина в которых были затронуты вопросы надежности, практических решений по ее увеличению для мостовых переходов на военно-автомобильных дорогах постоянного типа.

Общими чертами, которые стоит отметить по результатам анализа приведенных исследований, являются следующие:

– надежность мостовых переходов на военно-автомобильных дорогах до настоящего момента рассматривалась как некое детерминированное (дискретное) значение или, в отдельных случаях, интервал небольшого значения; обо-

снование значений или границ интервала не обосновывалось и не приводилось;

– значения надежности применялись абсолютно разными, практически не коррелируя между собой;

– понятие «надежность» воспринималось как единый термин, по своей сути заменяемый понятием «вероятность безотказной работы», без введения критериев или использования тех, что приведены в ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»;

– основополагающие труды по практическому использованию теории надежности [4–6] не применялись, а подавляющее большинство исследователей в качестве обоснования значения надежности и военно-экономической эффективности основывались на трудах [7–12], в которых без особых расчетов надежность принималась равной 0,85–0,9 в качестве эскизного значения;

– при исследовании надежности в качестве мостовых переходов в большинстве исследований подразумевались временные сооружения, а в тех трудах, где объектом исследований выступали постоянные мостовые переходы, вопросам надежности не уделялось существенного внимания либо обоснования.

Система мостовых переходов на военно-автомобильных дорогах состоит из различного рода сооружений временного и капитального характера. Если для объектов временного типа вопросы надежности рассмотрены весьма полно, то по постоянным объектам (мостовым переходам на военно-автомобильных дорогах) научных исследований фактически не проводилось.

Статистический анализ мостовых переходов на автомобильных дорогах оборонного значения, выполненный авторами, показал, что на потенциальных военно-автомобильных дорогах может быть не менее 3900 шт. постоянных мостовых переходов, что примерно в 10 раз превышает количество временных сооружений, имеющихся в распоряжении Правительства Российской Федерации. Соответственно, проблема организации воинского и других видов движения по капитальным мостовым переходам, обеспечение бесперебойности и надежности — весьма актуальна в силу доминирования постоянных сооружений. Проведенные авторами расчеты и моделирование, а также указанная статистика

позволяют сказать о том, что при начале военных действий (особенно при внезапном воздействии предполагаемого противника), возникнет существенный дефицит транспортных переправ на военно-автомобильных дорогах, вызванный, прежде всего, отсутствием необходимого числа табельных мостов и паромов.

В этой связи значительно повышается роль постоянных мостов на автомобильных дорогах оборонного значения и военно-автомобильных дорогах, их техническое состояние в процессе всего срока службы, т.к. наличие надежных технически исправных постоянных мостовых переходов на резервных маршрутах движения будет являться залогом устойчивого функционирования сети.

Таким образом, надежность мостовых переходов — это количественный показатель, отражающий процессы, происходящие с техническим объектом в течение его срока службы в любой период времени. Причем критерий — интегрального характера, в состав которого входит несколько критериев. Вопросы исследования надежности мостовых переходов на сети военно-автомобильных дорог — недостаточно проработанная актуальная научная проблема, в рамках решения которой должен быть сформулирован теоретический аппарат (методология) и даны практические предложения по совершенствованию способов и методов оценки, прогнозирования и управления надежностью.

Литература

1. Мячин В.Н., Бирюков О.Р., Андрушко С.Б., Белый А.А. и др. Организация восстановления мостов на ВАД. — СПб: ВАМТО. 2018. 292 с.
2. Мухин В.И., Аксенов С.В., Исаков Р.С. Формы и способы ведения боевых действий в операции «Союзническая сила» // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. — М.: 2016. № 2 (29). С. 32–39.
3. Лузан А.А. Томагавки бьют по Сирии. Полезные уроки // Воздушно-космическая сфера. — М.: 2017. № 2 (91). С. 22–29.
4. Фалеев М.И., Богатырев Э.Я., Малышев В.П. Некоторые особенности боевых действий в вооруженных конфликтах последнего времени и модернизация гражданской обороны // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. — М.: Том 8. 2018. № 1 (14). С. 41–52.

5. Иосилевский Л.И. Практические методы управления надежностью железобетонных мостов. — М.: НИЦ «Инженер». 2001. 295 с.

6. Бокарев С.А. Управление техническим состоянием искусственных сооружений железных дорог России на основе новых информационных технологий. — Новосибирск: МПС РФ, СГУПС. 2002. 276 с.

7. Топоров А.В., Коновалов В.Б., Бабенков А.В. Обоснование военно-экономической эффективности процесса доставки материальных средств группировке войск (сил) // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2017. № 2 (97). С. 48–51.

8. Топоров А.В., Бабенков В.И., Богданов Д.Ю. Метод обоснования рациональной конфигурации подсистемы транспортного обеспечения в интересах группировки войск (сил) // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2019. № 4 (109). С. 33–40.

9. Бабенков В.И., Биктимиров М.А. Обоснование рационального способа подвоза материальных средств войскам территориальной обороны // В сборнике: Региональные аспекты управления, экономики и права Северо-Западного федерального округа России межвузовский сборник научных трудов. — СПб. 2017. С. 16–22.

References

1. Myachin V.N., Biryukov O.R., Andrushko S.B., Belyj A.A. and others. Organization of restoration of bridges on the VAD. Textbook. — SPb: VAMTO. 2018. 292 p.

2. Mukhin V.I., Aksenov S.V., Isakov R.S. Forms and methods of warfare in the operation «Allied

Force» // Scientific and educational problems of civil protection. — М.: 2016. № 2 (29). P. 32–39.

3. Luzan A.A. «Tomahawks» hit in Syria. Useful lessons // Aerospace. — М.: 2017. № 2 (91). P. 22–29.

4. Faleev M.I., Bogatyrev E.Ya., Malyshev V.P. Some features of military operations in recent armed conflicts and modernization of civil defense // Civil defense strategy: problems and research. — М.: volume 8. 2018. № 1 (14). P. 41–52.

5. Iosilevsky L.I. Practical methods for managing the reliability of reinforced concrete bridges. — М.: SIC «Engineer». 2001. 295 p.

6. Bokarev S.A. Management of the technical condition of artificial railway structures in Russia based on new information technologies. — Novosibirsk: Ministry of Railways of the Russian Federation, SGUPS. 2002. 276 p.

7. Toporov A.V., Konovalov V.B., Babenkov A.V. Substantiation of military-economic efficiency of the process of delivery of material means to a group of troops (forces) // Izvestiya of the Russian Academy of Missile and Artillery Sciences. 2017. № 2 (97). P. 48–51.

8. Toporov A.V., Babenkov V.I., Bogdanov D.Yu. The method of substantiation of the rational configuration of the subsystem of transport support in the interests of the grouping of troops (forces) // Izvestiya of the Russian Academy of Missile and Artillery Sciences. 2019. № 4 (109). P. 33–40.

9. Babenkov V.I., Biktimirov M.A. Substantiation of a rational way of transporting material assets to territorial defense troops // In the collection: Regional aspects of management, economics and law of the North-West Federal District of Russia, an inter-university collection of scientific papers. — SPb. 2017. P. 16–22.