

## РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВОЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВАНТОВЫХ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Канд. техн. наук **А.В. Сырков**

(АО «Трансмост»),

генеральный директор **О.В. Утенков**

(ООО «Спэйс Девелопмент»)

Конт. информация: [syrkov\\_av@transmost.ru](mailto:syrkov_av@transmost.ru);

[utenkov@spdvtr.ru](mailto:utenkov@spdvtr.ru)

---

*Представлены основные результаты НИР по разработке ГОСТ Р 59629-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Системы вантовые мостовых сооружений. Требования к эксплуатации». Изложены новые термины и принципы новой системы эксплуатации, основанной на преимущественно превентивных мероприятиях, предусматриваемых на всех стадиях жизненного цикла. Систематизированы основные эксплуатационные риски вантовых систем мостов. Предложены мероприятия по подготовке эксплуатации на стадиях проектирования и строительства, комплексы мероприятий по мониторингу, надзору, содержанию и неразрушающему контролю как основные инструменты снижения рисков. Выявлена необходимость разработки новых способов неразрушающего контроля, нормативных и методических документов, дополняющих предложенную систему эксплуатации вантовых мостов с целью повышения эксплуатационной надежности.*

**Ключевые слова:** мостовое сооружение, вантовая система, опасность, риск, эксплуатация, надзор, содержание, неразрушающий контроль.

---

### ВВЕДЕНИЕ

Разработка ГОСТ Р 59629-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Системы вантовые мостовых сооружений. Требования к эксплуатации» [1] осуществлена на основании Государственного контракта на выполнение научно-исследовательской работы (НИР), заключенного между Федеральным дорожным агентством (Росавтодор) и ООО «Спэйс Девелопмент». Объектом стандартизации данного ГОСТ Р являются вантовые системы (ВС) мостовых сооружений (МС) на автомобильных дорогах общего пользования, аспектом стандартизации являются требования к организации и проведению их эксплуатации.

Разработка данного не имеющего аналогов национального стандарта была обусловлена необходимостью стандартизации требований к организации и проведению эксплуатации ВС МС на автомобильных дорогах общего пользования с целью обеспечения комплекса мероприятий по поддержанию необходимой степени надежности ВС в течение их расчетного срока службы, в соответствии с ГОСТ 27751-2014 [2] и техническим регламентом Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» [3].

### *1. Уточнение терминологии и области применения национального стандарта по эксплуатации вантовых систем*

При разработке национального стандарта был произведен анализ 189 отечественных и зарубежных нормативных и научно-технических документов, на основании которого была выявлена необходимость разработки некоторых новых терминов и определений. Всего в ГОСТ Р были даны определения 53 терминов, из них 42 были сформулированы индивидуально. Так, принципиально новым в отечественной практике является термин «*вантовая система*» (ВС) и его определение: «*Совокупность элементов, связывающая другие несущие части строительной конструкции (балку жесткости с аркой или пилоном и т. п.), включающая ванту из гибких прямолинейных несущих растянутых элементов (канатов, прядей и т. п.), анкерные устройства, дополнительные устройства для повышения демпфирования, снижения усталостных, коррозионных и других опасностей*». В отличие от «*статической вантовой системы*» данный термин определяет однотипную по характеру его работы и компоновки конструктивную часть, которая может использоваться в различных статических системах (вантовых, комбинированных и т. д.), что соответствует общепринятым международным подходам [4-7].

В процессе НИР были проанализированы эксплуатируемые на автомобильных дорогах общего пользования Российской Федерации МС, имеющие в своем составе ВС. Было установлено, что эта составляющая мостового парка представлена вантовыми мостами с подвеской балки жесткости на пилонах и арках с гибкими вантовыми подвесками балки жесткости. ВС, характерные для данных статических схем, соответствуют области применения разрабатываемого национального стандарта.

На основе анализа мирового опыта [4-7] было также выявлено шесть основных типов вант, входящих в соответствующие вантовые системы:

1. ванты, состоящие из одиночных витых стальных канатов закрытой конструкции;
2. ванты, состоящие из пучка параллельных семипроволочных стальных прядей (parallel strand cable, PSC);
3. ванты, состоящие из пучка параллельных высокопрочных стальных проволок (parallel wire cable, PWC);
4. ванты из жесткого стального проката;
5. ванты из жестких железобетонных элементов;
6. ванты из гибких композитных элементов.

Среди идентифицированных на автомобильных дорогах общего пользования Российской Федерации МС, имеющих в своем составе вантовые системы, на данный период имеются только первые два типа из вышеприведенного перечня.

Типы 3, 4 и 5 широко применялись в период 1950-х – 1990-х гг. и в настоящее время не рекомендуются для вновь строящихся МС, по крайней мере в странах ЕС вследствие трудности регулирования усилий, а также склонности к усталостным и коррозионным повреждениям при долговременной эксплуатации [6-8]. Ванты из гибких композитных элементов еще не в полной мере исследованы и не могут пока считаться достаточно надежными для большепролетных автодорожных мостов [7].

С учетом результатов вышеупомянутого анализа, область применения национального стандарта была ограничена актуальными для Российской Федерации типами вант 1 и 2 из вышеприведенного перечня. Соответственно, в национальный стандарт были введены терминологические статьи, определяющие «ванты типа 1», состоящие из одного главного растянутого элемента в виде закрытого каната, и «ванты типа 2», состоящие из нескольких главных растянутых элементов в виде параллельных семипроволочных прядей. Примеры данных типов вант представлены на **рис. 1**.

*а)*



*б)*



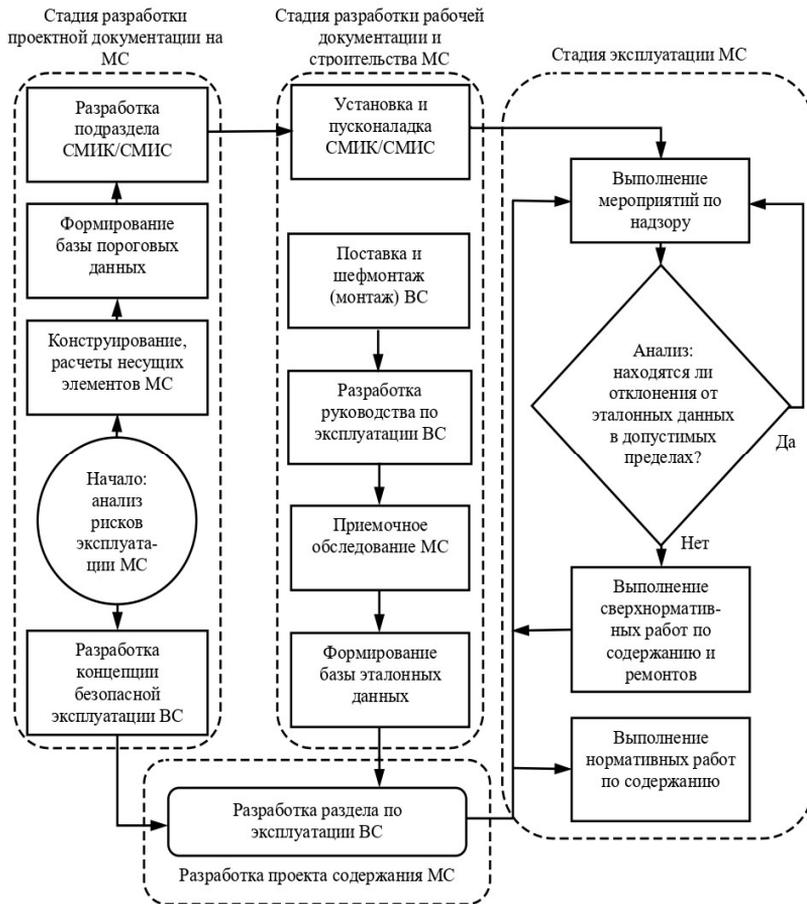
***Рис. 1. Примеры типов вант, применяемых в Российской Федерации:***

*а) ванты типа 1; б) ванты типа 2*

## ***2. Принципы организации новой системы эксплуатации на стадиях жизненного цикла моста***

Главным из основных комплексных результатов, полученных при разработке НИР, является стандартизация организационной структуры мероприятий по подготовке и проведению эксплуатации ВС автомобильных мостов на всех стадиях ее жизненного цикла: стадии проектирования, стадии строительства и стадии эксплуатации. Данная стандартизированная организационная структура мероприятий по подготовке и проведению эксплуатации ВС автомобильных мостов, которую необходимо предусматривать на вышеуказанных стадиях жизненного цикла МС, приведена на **рис. 2**.

Как показано на схеме (**рис. 2**), началом обоснования мероприятий, обеспечивающих эффективную эксплуатацию, является анализ рисков эксплуатации МС. Для этого в самом начале стадии проектирования должна быть разработана концепция безопасной эксплуатации, на основе которой разрабатывается раздел по эксплуатации ВС в составе общего проекта содержания МС. С учетом критичности рисков следует также определять необходимость конструктивных мероприятий проекта, обеспечивающих возможность удобной и безопасной эксплуатации ВС.



**Рис. 2. Организационная структура мероприятий по подготовке и проведению эксплуатации ВС автодорожных мостов**

Вне зависимости от критичности рисков, на стадии проектирования следует предусматривать следующие конструктивные мероприятия, необходимые для эффективной эксплуатации ВС:

- устройство смотровых приспособлений для контроля и эксплуатации анкерных устройств и переходных зон при их расположении на высоте;
- обеспечение возможности обслуживания и замены любого элемента ВС;

- обеспечение возможности установки и функционирования оборудования неразрушающего контроля (НК);
- обеспечение возможности установки домкратов для регулирования усилий в вантах;
- устройство встроенных геодезических марок для долговременного контроля перемещений балки жесткости, пилонов или арок.

Национальным стандартом [1] впервые стандартизируется требование по формированию на стадии проектирования базы пороговых данных, необходимых для разработки системы мониторинга инженерных конструкций (СМИК), так как наиболее корректные их значения может предоставить именно проектная организация, производившая расчеты конструкций. Вопросы разработки подразделов проекта по СМИК/СМИС, установки и пусконаладки СМИК/СМИС стандартизируются отечественными нормами [9, 10].

На стадии строительства в части обязательных мероприятий по подготовке эксплуатации предусматривается разработка руководства по эксплуатации ВС. При этом [1] стандартизирует требование по разработке данного руководства поставщиком ВС, т.е. юридическим лицом, осуществляющим договорную поставку, что соответствует общемировой практике [6, 8].

Новым является и требование по формированию базы эталонных данных. Эталонными данными, согласно новой терминологической статье [1], являются показатели МС (усилия, координаты, параметры дефектов и другие количественные параметры), измеренные достоверными методами на момент ввода в эксплуатацию после строительства, реконструкции или капитального ремонта, которые сравнивают с текущими показателями, измеряемыми в тех же точках и сечениях при проведении обследований и испытаний в период эксплуатации. Как показывает передовая мировая практика, эффективная и надежная эксплуатация ВС без создания базы необходимых эталонных данных невозможна [4, 6].

Как видно из схемы **рис. 2**, раздел по эксплуатации ВС на стадии строительства дополняется руководством по эксплуатации ВС, разрабатываемым поставщиком, и необходимыми эталонными данными. Далее, на стадии эксплуатации, эти документы являются основой для организации надзора и содержания. В национальном стандарте [1] установлено обязательное условие разработки раздела по эксплуатации ВС в составе общего проекта содержания автодорожного моста как основного регулятора системы эксплуатации ВС, а также определены требования к его стадийности, составу и содержанию подразделов.

### *3. Эксплуатационные риски вантовых систем автодорожных мостов и мероприятия по их снижению*

Основным техническим требованием при эксплуатации вантовых мостов, гарантирующим их конструктивную безопасность для пользователей, является обеспечение требуемого уровня надежности, соответствующего уровню приемлемого риска. Учитывая повышенный уровень ответственности и/или уникальность вантовых МС, период их эксплуатации является наиболее опасным при наличии критических дефектов, особенно тех из них, которые скрыты от визуального осмотра и могут проявиться в самый неблагоприятный момент, например, в период интенсивного движения по мосту и/или под ним. Анализ произошедших аварий МС показывает, что при обрушениях больших пролетов число погибших и раненых составляет десятки и может превышать 100 человек на одно обрушение [11]. Например, при обрушении вантового виадука в Генуе 14 августа 2018 г. погибли 43 человека и десятки получили серьезные травмы [12].

При проектировании и эксплуатации следует учитывать возникновение рисков в соответствии с положениями [13]. Опасности, опасные события для ВС и мероприятия по управлению основными рисками их эксплуатации приведены в **табл. 1**.

Для определения и ранжирования степени критичности рисков следует применять положения [13]. Практика применения подобных методик показывает, что при этом часто возникает проблема статистического обоснования вероятностей отказов, и в таких случаях рекомендуется применять экспертные оценки данных вероятностей [14]. Однако при необходимости уточнения анализа рисков можно использовать альтернативные инструменты, например, новую методику «Fault-Screen», базирующуюся на статистических данных промежуточных и головных опасных событий [15, 16].

Ранжирование полученных с применением вышеупомянутых методик [13, 16] критичностей рисков позволяет разработать обоснованную концепцию безопасной эксплуатации (**рис. 2**), определить применимость и/или приоритетность конструктивно-технологических решений и мероприятий по управлению рисками, что, в свою очередь, приводит к формированию оптимальной стратегии эксплуатации МС и их ВС в частности [17].

Таблица 1

## Актуальные опасности, опасные события и мероприятия по управлению рисками эксплуатации ВС

<i>Опасность</i>	<i>Опасные события для ВС</i>	<i>Мероприятия по управлению рисками эксплуатации ВС на стадиях проектирования и эксплуатации</i>
<i>Землетрясение</i>	Разрушительные динамические воздействия, передаваемые через балку жесткости, пилон или арку	<p><b>Проектирование:</b> мероприятия по сейсмоустойчивости и сейсмоизоляции</p> <p><b>Эксплуатация:</b> мониторинг средствами СМИК; ограничение доступа временной нагрузки; поиск и оценка повреждений; ремонт, усиление или замена элементов</p>
<i>Грунтовые и гидрологические процессы</i>	Изменение усилий и геометрии вант при сдвигах, осадках и кренах опор	<p><b>Проектирование:</b> противокарстовые, противооползневые и тому подобные мероприятия</p> <p><b>Эксплуатация:</b> инструментальный контроль, в т.ч. средствами СМИК; ограничение доступа временной нагрузки; оценка повреждений; ремонт, усиление или замена элементов</p>
<i>Ветровые воздействия, в т. ч. в сочетании с дождем, обледенением</i>	Сверхнормативные колебания и вибрации; галомирование вант; изгибно-усталостные повреждения проволок; фреттингový износ	<p><b>Проектирование:</b> мероприятия по повышению демпфирующей способности</p> <p><b>Эксплуатация:</b> своевременное выявление отклонений и дефектов в рамках надзорных мероприятий, а также средствами СМИК и НК; своевременное обслуживание и ремонт демпферов и вант; установка дополнительных демпферов и связей</p>

<i>Опасность</i>	<i>Опасные события для ВС</i>	<i>Мероприятия по управлению рисками эксплуатации ВС на стадиях проектирования и эксплуатации</i>
<i>Обледенение, формирование снежно-ледяных наростов на ВС, главных опорах (пилонах) и арках</i>	Сверхнормативная нагрузка на ВС; изменение аэродинамических характеристик; повреждения при падении снежно-ледяных отложений на мостовое полотно и расположенные ниже конструкции; повреждения при очистке	<p><i>Проектирование:</i> прогнозирование толщины стенки гололеда по СП 20.13330.2016; применение покрытий вант, снижающих адгезию льда, а также тепловых, вибрационных, электроимпульсных, химических и прочих превентивных устройств; включение в СМИК сигнализаторов обледенения при необходимости</p> <p><i>Эксплуатация:</i> своевременное выявление снежно-ледяных наростов на ВС средствами надзора и СМИК; применение механических, тепловых, химических и прочих методов очистки, минимизирующих повреждения ВС; при необходимости – модернизация ВС с устройством дополнительных превентивных устройств</p>
<i>Удар молнии, в т.ч. шаровой молнии</i>	Расплавление проволок вант, элементов анкеров и демпферов; прожоги общих и индивидуальных оболочек вант и прядей	<p><i>Проектирование:</i> установка систем молниезащиты</p> <p><i>Эксплуатация:</i> отслеживание ударов молний; поиск и оценка повреждений средствами надзора; СМИК и НК; ремонт и замена вант, анкеров и демпферов</p>
<i>Усадка и ползучесть бетона, релаксация напряжений и ползучесть в витых канатах</i>	Изменение и перераспределение усилий в вантах	<p><i>Проектирование:</i> учет изменения строительного подъема балки жесткости и изменения усилий в вантах со временем</p> <p><i>Эксплуатация:</i> инструментальный контроль, в т.ч. средствами СМИК, геометрического положения балки жесткости и пилонов; регулирование усилий в вантах</p>

<i>Опасность</i>	<i>Опасные события для ВС</i>	<i>Мероприятия по управлению рисками эксплуатации ВС на стадиях проектирования и эксплуатации</i>
<i>Воздействие транспортного потока</i>	Усталостные повреждения проволок из-за переменных растягивающих усилий; фреттинг-износ из-за трения проволок в прядях	<p><b>Проектирование:</b> применение ВС с высоким сопротивлением усталости и фреттингу</p> <p><b>Эксплуатация:</b> периодический визуальный и приборный НК вант; сбор информации о режимах нагружения ВС; выявление случаев сверхнормативного воздействия подвижной нагрузки с помощью СМИК; замена поврежденных элементов</p>
<i>Атмосферная влага, в т.ч. с растворенными в ней хлоридами</i>	Коррозия металлических несущих элементов вант и анкеров, демпферных устройств	<p><b>Проектирование:</b> применение эффективных систем защиты проволок и канатов от коррозии, дренажных устройств</p> <p><b>Эксплуатация:</b> периодический визуальный и приборный контроль; восстановление защитных покрытий и заполнителей; прочистка дренажей; замена поврежденных элементов</p>
<i>Ошибки человека, халатность, вандализм, терроризм</i>	Повреждения элементов, обрывы проволок, прядей, вант от ударов транспорта, взрывов и механических воздействий	<p><b>Проектирование:</b> применение антивандальных систем и систем видеонаблюдения</p> <p><b>Эксплуатация:</b> пресечение противоправных действий; оценка повреждений; ремонт, усиление или замена элементов</p>
<i>Пожары на транспорте</i>	Возгорание транспортных средств, грузов, разлитых легковоспламеняющихся жидкостей	<p><b>Проектирование:</b> применение встроенных противопожарных систем; обеспечение прямого канала связи со службами пожаротушения</p> <p><b>Эксплуатация:</b> обеспечение бесперебойной работы прямого канала связи со службами пожаротушения; обеспечение постоянного видеонаблюдения; первоочередные срочные меры по ликвидации очага возгорания</p>

#### *4. Особая роль надзорных мероприятий в формировании превентивной системы эксплуатации, выявленные проблемы*

При разработке национального стандарта [1], на основе анализа опасностей, опасных событий и связанных с ними рисков, для ВС автодорожных мостов были определены виды требуемых мероприятий по надзору и содержанию. Номенклатура данных мероприятий приведена непосредственно в [1] и в данной статье не рассматривается. Однако следует отметить, что для формирования превентивной системы эксплуатации ВС особую роль играют надзорные мероприятия, позволяющие проанализировать, находятся ли отклонения от эталонных данных в допустимых пределах (рис. 2), что определит необходимость проведения сверхнормативных работ по содержанию и ремонтам. При этом нормативные работы по содержанию проводятся регулярно в течение года (сезона) в соответствии с установленной периодичностью независимо от состояния элементов сооружения.

В [1] для ВС предусмотрены традиционные, во многом стандартные, плановые виды комплексных мероприятий: приемочное обследование, постоянный надзор, текущий осмотр, периодический осмотр, периодическое обследование. Периодичность проведения плановых мероприятий по надзору в основном совпадает с периодичностью, предусмотренной действующими нормами и методиками [18, 19]. Помимо плановых мероприятий, при возникновении в зоне расположения ВС опасностей и опасных событий, указанных в табл. 1, в [1] предусматриваются внеплановые осмотры, по результатам которых следует проводить ряд специализированных работ, имеющих для ВС существенные отличия от обычных МС. Перечень таких работ наряду с актуальными опасностями и опасными событиями, при реализации которых они должны проводиться, приведен в табл. 2.

Среди работ, указанных в табл. 2, следует выделить НК свободной зоны и закрытых зон вант. Остальные мероприятия, несмотря на их сложность и трудоемкость, представляются полностью осуществимыми. Однако именно НК целостности главных растянутых элементов (проводок, прядей, канатов) вант определяет достоверность степени надежности ВС и моста в целом.

Таблица 2

*Состав работ, назначаемых по результатам внеплановых осмотров ВС*

<i>Виды работ по контролю</i>	<i>Актуальные опасности и опасные события</i>						
	<i>Землетрясение 7 баллов и выше</i>	<i>Удар молнии в ванту</i>	<i>Обрыв внешних проволок вант</i>	<i>Удар транспортного средства в ВС</i>	<i>Пожар, взрыв в зоне ВС</i>	<i>Сдвиги, осадки и крены опор</i>	<i>Ураганный ветер более 30 м/с</i>
<i>НК свободной зоны вант</i>	+	+	+	+	+	-	-
<i>НК закрытых зон вант</i>	+	-	+	+	+	-	-
<i>Измерение усилий в вантах</i>	+	-	-	-	+	+	-
<i>Геодезический контроль балки жесткости</i>	+	-	-	-	-	+	-
<i>Геодезический контроль пилонов или арок</i>	+	-	-	-	-	+	-

<i>Виды работ по контролю</i>	<i>Актуальные опасности и опасные события</i>						
	<i>Землетрясение 7 баллов и выше</i>	<i>Удар молнии в ванту</i>	<i>Обрыв внешних проволок вант</i>	<i>Удар транс-портного средства в ВС</i>	<i>Пожар, взрыв в зоне ВС</i>	<i>Сдвиги, осадки и крены опор</i>	<i>Ураганный ветер более 30 м/с</i>
<i>Проверка внутренних демпферов для вант типа 2</i>	+	-	-	+	+	-	+
<i>Проверка внешних демпферов для вант типа 1, 2</i>	+	-	-	+	+	-	+
<i>Проверка девиаторов для вант типа 2</i>	+	-	-	+	+	-	+
<b>Примечание:</b>							
1. Символ «+» означает, что работа предусматривается для данного вида надзора.							
2. Символ «-» означает, что работа не предусматривается для данного вида надзора.							

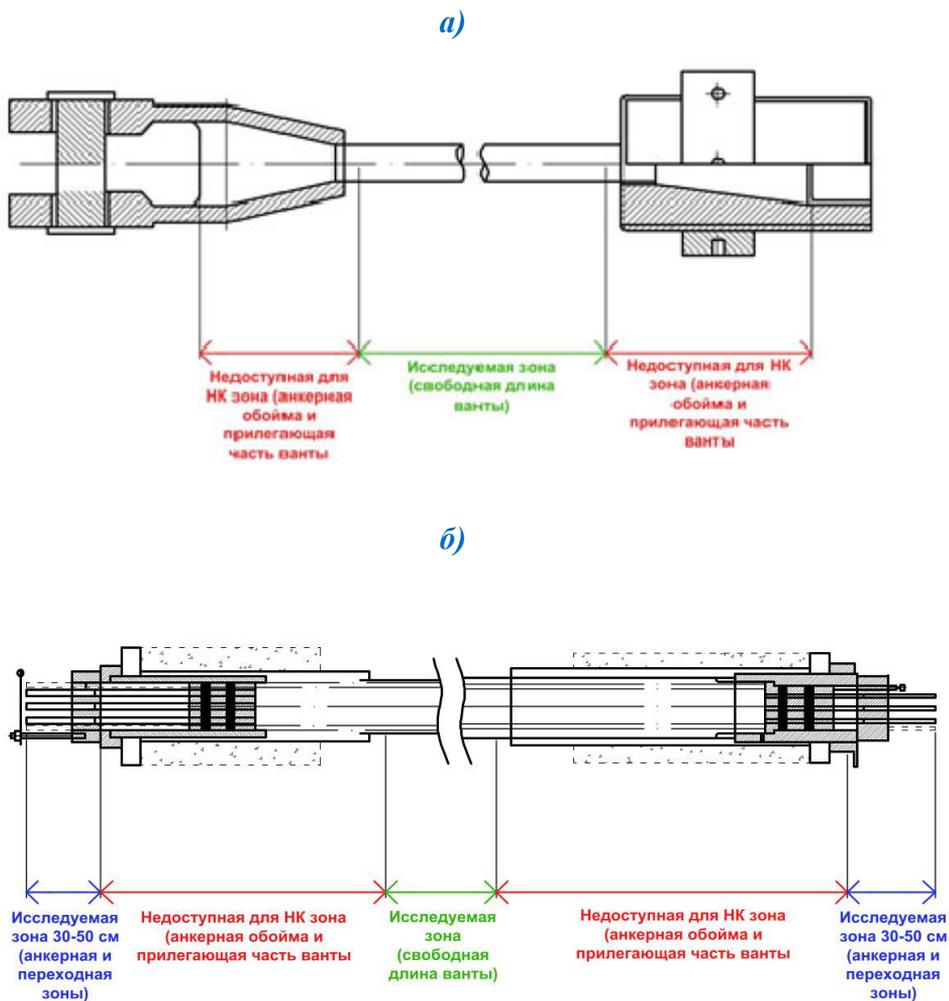
При выполнении НИР по разработке [1] был выполнен подробный анализ методов и средств НК. Визуальный, измерительный и оптический методы НК следует применять для оценки наружной поверхности элементов ВС. При диагностировании рабочих сечений главных растянутых элементов ВС по глубине могут применяться магнитный, индукционный, вихретоковый и ультразвуковой методы [20]. Магнитный метод НК следует применять при диагностировании рабочих сечений свободной длины вант. Данный метод успешно освоен в Российской Федерации с применением отечественного оборудования, достоверность которого подтверждена [21]. В связи с этим применение других перечисленных методов для сечений свободной длины вант представляется излишним. На **рис. 3** показан один из примеров проведения магнитного НК.



*Рис. 3. Выполнение магнитного НК свободной длины вант  
Большого Обуховского моста в г. Санкт-Петербурге*

Магнитный метод НК позволяет диагностировать рабочие сечения свободной длины вант как типа 1, так и типа 2. Применение ультразвукового метода (эхо-метода) НК [22] возможно только при диагностировании проволок главного растянутого элемента ВС, находящихся в зоне анкерного устройства и переходной зоне ванты типа 2. Данный метод применительно к ВС пока не нашел широкого применения в Российской Федерации, но успешно применяется за рубежом [23]. Диагностируемая ультразвуковым методом длина главного растянутого элемента ВС, находящаяся в зоне анкерного устройства и переходной зоне ванты типа 2, может составлять от 300 до 500 мм от ее торца, в за-

висимости от конструкции анкерного устройства. Однако как магнитный, так и ультразвуковой методы не позволяют произвести полный НК всей длины вант как типа 1, так и типа 2, что показано на **рис. 4**.



**Рис. 4. Зоны возможности исследования рабочих сечений вант методами НК:**  
 а) для ванты типа 1; б) для ванты типа 2

Таким образом, существуют следующие проблемы, касающиеся НК ВС:

- отсутствие мировых методик НК для диагностирования вант типа 1 в пределах анкерной обоймы и непосредственно прилегающей к ней части ванты на входе в обойму.
- необходимость разработки и аттестации отечественной методики и приборного обеспечения НК ультразвуковым методом для уверенного диагностирования анкерных и переходных зон вант типа 2;
- отсутствие мировых методик НК для диагностирования вант типа 2 в пределах анкерной трубы и непосредственно прилегающей к ней части ванты на входе в анкерную трубу.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Одним из положительных результатов разработки национального стандарта [1], устанавливающего требования к эксплуатации ВС, является создание превентивной системы эксплуатации, включающей следующие новые принципы и положения, позволяющие повысить эксплуатационную надежность МС:

- организация процесса эксплуатации на всех стадиях жизненного цикла моста;
- обоснование результатами анализа рисков проектных решений, влияющих на эксплуатацию, а также мероприятий по эксплуатации;
- подготовка эксплуатации на стадиях проектирования и строительства, включая формирование баз пороговых и эталонных данных;
- разработка руководства по эксплуатации ВС на стадии строительства непосредственно поставщиком ВС;
- разработка раздела по эксплуатации ВС в составе общего проекта содержания МС, с учетом изложенных принципов.

Выявлена необходимость разработки новых методик и приборного оборудования для анкерных и переходных зон ВС.

Представляется целесообразным распространить новый подход к системам эксплуатации не только на вантовые, но и другие типы МС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 59629-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Системы вантовые мостовых сооружений. Требования к эксплуатации. – М.: ФГБУ «РСТ», 2021. – 74 с.
2. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2019. – 19 с.
3. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» – (утв. решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 827) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_120834/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_120834/) (дата обращения: 01.03.2022).
4. *Acceptance of stay cable systems using prestressing steels. Recommendations // fib Bulletin No. 89. – March 2019. – 116 p.*
5. *European Committee for Standardization, Eurocode 3 – Design of steel structures. Part 1-11: Design of structures with tension components, EN 1993-1-11:2006. – Brussels, 2006. – 82 p.*
6. *Sétra. Instruction technique: Surveillance et entretien des ouvrages d'art. 2ème partie. Fascicule 34-2. Ponts à haubans. – France, 2008. – 43 p.*
7. *Cable stays. Recommendations of French inter-ministerial commission on Prestressing. Setra: Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes. – 2002. – 197 p.*
8. *Tabatabai H. Inspection and Maintenance of Bridge Stay Cable Systems: A Synthesis of Highway Practice. – USA, Washington: Transportation Research Board (NCHRP Synthesis). – 2005. – Vol. 353. – 206 p.*
9. ГОСТ Р 59943-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Системы мониторинга мостовых сооружений. Правила проектирования. – М.: ФГБУ «РСТ», 2022. – 44 с.
10. СП 274.1325800.2016. Мосты. Мониторинг технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2017. – 49 с.
11. *Proske D. Bridge Collapse Frequencies versus Failure Probabilities. – Switzerland: Springer International Publishing AG, 2018. – 126 p.*
12. *Calvi G.M. Once upon a time in Italy: the tale of the Morandi bridge / G.M. Calvi, M. Moratti, G.J. O'Reilly. // IABSE Journal of Structural Engineering International (SEI). – 2019. – No. 2. – P. 198–216.*

13. ГОСТ Р 58137-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Руководство по оценке риска в течение жизненного цикла. – М.: Стандартинформ, 2018. – 57 с.
14. Сырков А.В. Новый подход к созданию систем управления состоянием мостовых сооружений // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2009. – № 2. – С. 14-16.
15. Syrkov A.V Bridge failures analysis as a risk mitigating tool / A. Syrkov, N.P. Hoj // Proceedings of the IABSE Symposium «Towards a Resilient Built Environment – Risk and Asset Management». – Guimarães, Portugal. – 2019. – Vol. 113. – P. 304-310.
16. Syrkov A.V. Enhancing of bridge management given failures data / A.V. Syrkov, A. Sizikov // Proceedings of the IABSE Symposium «Synergy of Culture and Civil Engineering – History and Challenges». – Wrocław, Poland, 2020. – P. 1173–1180.
17. Сырков А.В. Оптимизация жизненного цикла моста на остров Русский во Владивостоке средствами анализа рисков и мониторинга / А.В. Сырков, О.В. Крутиков // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 9. – С. 45-50.
18. СП 79.13330.2012. СНиП 3.06.07-86. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. – М.: Минрегион России, 2012. – 38 с.
19. ОДМ 218.4.001-2008. Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах. – М.: ФГУП Информавтодор, 2008. – 76 с.
20. ГОСТ Р 55612-2013. Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2018. – 11 с.
21. РД 03-348-00. Методические указания по магнитной дефектоскопии стальных канатов. Основные положения. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. – 38 с.
22. ГОСТ 20415-82. Контроль неразрушающий. Методы акустические. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2010. – 4 с.
23. Wit M. Defect detection in strand wires within the anchorage area of high tensioned cables / M. Wit, G. Hovhanessian / Proceedings, Structural Engineering: Providing Solutions to Global Challenges. IABSE Conference, Geneva. – 2015. – Pp. 1408-1411.

## L I T E R A T U R A

1. GOST R 59629-2021. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Sistemy vantovye mostovyh sooruzhenij. Trebovaniya k ekspluatatsii – М.: FGBU «RST», 2021. – 74 с.

2. GOST 27751-2014. *Nadezhnost' stroitel'nyh konstrukcij i osnovanij. Osnovnye polozheniya* – M.: Standartinform, 2019. – 19 s.
3. *Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza TR TS 014/2011 «Bezopasnost' avtomobil'nyh dorog»* – (utv. resheniem Komissii Tamozhennogo soyuza ot 18 oktyabrya 2011 g. № 827) [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_120834/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_120834/) (data obrashcheniya: 01.03.2022).
4. *Acceptance of stay cable systems using prestressing steels. Recommendations // fib Bulletin No. 89.* – March 2019. – 116 p.
5. *European Committee for Standardization, Eurocode 3 – Design of steel structures. Part 1-11: Design of structures with tension components, EN 1993-1-11:2006.* – Brussels, 2006. – 82 p.
6. *Sétra. Instruction technique: Surveillance et entretien des ouvrages d'art. 2ème partie. Fascicule 34-2. Ponts à haubans.* – France, 2008. – 43 p.
7. *Cable stays. Recommendations of French inter-ministerial commission on Prestressing. Setra: Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes.* – 2002. – 197 p.
8. *Tabatabai H. Inspection and Maintenance of Bridge Stay Cable Systems: A Synthesis of Highway Practice.* – USA, Washington: Transportation Research Board (NCHRP Synthesis). – 2005. – Vol. 353. – 206 p.
9. *GOST R 59943-2021. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Sistemy monitoringa mostovyh sooruzhenij. Pravila proektirovaniya.* – M.: FGBU «RST», 2022. – 44 s.
10. *SP 274.1325800.2016. Mosty. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya.* – M.: Standartinform, 2017. – 49 s.
11. *Proske D. Bridge Collapse Frequencies versus Failure Probabilities.* – Switzerland: Springer International Publishing AG, 2018. – 126 p.
12. *Calvi G.M. Once upon a time in Italy: the tale of the Morandi bridge / G.M. Calvi, M. Moratti, G.J. O'Relly. // IABSE Journal of Structural Engineering International (SEI).* – 2019. – No. 2. – P.198–216.
13. *GOST R 58137-2018. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Rukovodstvo po ocenke riska v techenie zhiznennogo cikla.* – M.: Standartinform, 2018. – 57 s.
14. *Syrkov A.V. Novyj podhod k sozdaniyu sistem upravleniya sostoyaniem mostovyh sooruzhenij // Nauka i tekhnika v dorozhnoj ot-rasli.* – 2009. – № 2. – S. 14-16.
15. *Syrkov A.V Bridge failures analysis as a risk mitigating tool / A. Syrkov, N.P. Hoj // Proceedings of the IABSE Symposium*

- «Towards a Resilient Built Environment – Risk and Asset Management». Guimarães, Portugal. – 2019. – Vol. 113. – P. 304-310.
16. Syrkov A.V. Enhancing of bridge management given failures data / A.V. Syrkov, A. Sizikov // Proceedings of the IABSE Symposium «Synergy of Culture and Civil Engineering – History and Challenges». – Wrocław, Poland, 2020. – P. 1173–1180.
  17. Syrkov A.V. Optimizaciya zhiznennogo cikla mosta na ostrov Russkij vo Vladivostoke sredstvami analiza riskov i monitoringa / A.V. Syrkov, O.V. Krutikov // Avtomatizaciya v promyshlennosti. – 2012. – № 9. – S. 45-50.
  18. SP 79.13330.2012. SNiP 3.06.07-86. Mosty i truby. Pravila obsledovaniy i ispytaniy. – M.: Minregion Rossii, 2012. – 38 s.
  19. ODM 218.4.001-2008. Metodicheskie rekomendacii po organizacii obsledovaniya i ispytaniya mostovyh sooruzhenij na avtomobil'nyh dorogah. – M.: FGUP Informavtodor, 2008. – 76 s.
  20. GOST R 55612-2013. Kontrol' nerazrushayushchij magnitnyj. Termíny i opredeleniya. – M.: Standartinform, 2018. – 11 s.
  21. RD 03-348-00. Metodicheskie ukazaniya po magnitnoj defektoskopii stal'nyh kanatov. Osnovnyye polozheniya. – M.: ZAO NTC PB, 2015. – 38 s.
  22. GOST 20415-82. Kontrol' nerazrushayushchij. Metody akusticheskie. Obshchie polozheniya. – M.: Standartinform, 2010. – 4 s.
  23. Wit M. Defect detection in strand wires within the anchorage area of high tensioned cables / M. Wit, G. Hovhanessian / Proceedings, Structural Engineering: Providing Solutions to Global Challenges. IABSE Conference, Geneva. – 2015. – Pp. 1408-1411.

.....

**DEVELOPMENT OF A FUNDAMENTALLY NEW  
SYSTEM OF CABLE-STAYED ROAD BRIDGES OPERATION**

Ph. D. (Tech.) **A.V. Syrkov**  
(«Transmost» JSC),  
General Director **O.V. Utenkov**  
(«Space Development» LLC)  
Contact information: syrkov\_av@transmost.ru;  
utenkov@spdv.ru

The main results of R&D project on the development of national industry standard GOST R 59629-2021 «Automobile roads of general use. Cable-stayed systems of bridge structures. Operation requirements» are presented. New terms and principles of the new system of operation based on

*mainly preventive measures envisaged at all stages of life cycle are outlined. The main operational risks of cable-stayed bridge systems are systematized. The measures for the operation preparation at the design and construction stages, the set of measures for monitoring, supervision, maintenance and non-destructive testing, as the main tools for reducing risks, are proposed. The necessity of developing new methods of non-destructive testing, regulatory and methodological documents that supplement the proposed system of cable-stayed bridges operation in order to increase operational reliability is revealed.*

**Key words:** *bridge structure, cable-stayed system, danger, risk, operation, supervision, maintenance, non-destructive testing.*

---

Рецензент: канд. техн. наук П.А. Сычёв (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 15.03.2022 г.