

УДК 624.21

В.С. Юшков, В.И. Кычкин*, Н.Д. Бармин*

*Анапский филиал ФГБОУ ВПО Кубанский ГАУ, *ПНИПУ*

РЕАЛИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИКИ И РЕМОНТА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрены машины отечественного и зарубежного производства, осуществляющие ремонт мостовых сооружений, которые служат для проведения обследований, испытаний и специальных ремонтных работ на разных уровнях: как выше, так и ниже позиции машины. Представлена конструкция данной машины с основными характеристиками работы. Указаны дефекты, выявляемые при осмотре мостов.

Ключевые слова: диагностика, мостовые сооружения, автомобильная дорога, ферма, стрела, стабилизирующая система

Результаты обследования мостовых сооружений Пермского края, выполненные специалистами Пермского национального исследовательского политехнического университета и Кубанского государственного аграрного университета совместно с сотрудниками Дорожного комитета, были представлены в работе [1] и включены в базу данных в соответствии регламентом автоматизированной системы управления содержанием искусственных сооружений на автомобильных дорогах (АС ИССО). В ходе инспекции были обследованы 135 мостов из 722 сооружений, что соответствует 18,7 % всех эксплуатируемых мостов, находящихся на балансе Дорожного комитета Пермского края. Необходимо отметить, что в базе данных содержатся сведения о 359 мостах. На основании результатов указанной выше работы был сделан вывод о том, что 48,4 % конструкций можно поставить оценку 2 балла [2, 3].

Неполнота и несвоевременность обслуживания технического состояния мостов в значительной степени связана с большой трудоемкостью работ, отсутствием должной механизации и автоматизации процессов инспекции сооружений.

С 1992 г. строительными организациями России ведется закупка машин для осмотра и ремонта мостов у одного из ведущих мировых производителей — фирмы *Varin S.r.l.* (Италия). В нашей стране работают также представительства многих других фирм, в т.ч. *Moog GmbH* (Германия) и *Aspen Aerials* (США). Они предлагают самую современную и высокоэффективную технику для ремонта и осмотра мостов [4—7].

Рассматривая характеристики машин этого класса, следует отметить, что они предназначены для проведения обследований, испытаний и специальных ремонтных работ сравнительно небольшого объема как выше, так и ниже уровня стоянки машин (если они находятся на проезжей части), особенно на сооружениях сложной конструкции (арочных, рамных, подвесных, вантовых и других мостах и фермах), требующих большой маневренности рабочей платформы, а также при необходимости выполнения осмотра либо ремонта отдельных узлов пролетного строения или опор (рис.).



Машина MBL-1750T для проведения обследования мостовых сооружений

Конструкция стрелы таких установок позволяет работающему персоналу получать доступ к местам осмотра или ремонта между стойками, раскосами, вантами и другими элементами сооружений. Эксплуатироваться установки могут не только с проезжей части, но и при стоянке машины внизу (под сооружением). Они предоставляют оптимальную эксплуатационную гибкость при отсутствии необходимости размещения на рабочей платформе (люльке) большого количества людей и оборудования [8—10].

Подъемники оснащены трехсекционной стрелой с люлькой, имеющей шарнирные соединения с двумя точками вращения, одна из которых размещена в месте установки стрелы (ее первой секции) на машине, а вторая — на верхнем либо нижнем шарнире второй секции. Наличие поворотной точки на второй секции обеспечивает вращение третьей секции стрелы с платформой в горизонтальной плоскости в диапазоне 180° . Третья секция стрелы раздвижная. Большинство установок имеют четвертую секцию стрелы с шарниром, что увеличивает маневренность рабочей платформы и облегчает доступ в пространство под балками и между ними. Машины MBL-1200T и 1600T оснащены специальным лифтом, расположенным на конце третьей секции стрелы и выполняющим роль короткой четвертой секции.

Большинство машин зарубежного производства (UB 30-60, AB 9-16/30, MBL 1200T, 1600T) имеют специальные стабилизирующие системы, позволяющие машине перемещаться с выдвинутой стрелой, и для выполнения операций не требуют гидравлических опор. При вращении установки противовес остается в пределах интервала, равного ширине шасси. Время опускания люльки на максимальный вылет под мостом составляет не более 200 с.

Все установки оснащены гидравлическим приводом, резервными источниками питания, дублирующими пультами управления (на люльке, опорном пьедестале и переносной дистанционной станцией). Рабочие платформы оборудованы системой связи с оператором шасси и при необходимости комплек-

туются различными дополнительными приспособлениями (точками отбора электропитания, освещением, обогревателями, воздухопроводами и гидравлическими кабелями для инструментов). В целях обеспечения безопасности гидравлическая система оборудована резервным источником питания для складывания стрелы в случае остановки двигателя.

Пуск и выдвижение оборудования в рабочее положение производится в соответствии с алгоритмом управления. Все команды выполняются с помощью гидравлического привода и управляются вручную. Цикл выдвижения установки в рабочее положение занимает 5 мин и осуществляется без персонала на борту. Как только процедура пуска закончена, операторы могут спуститься на борт платформы по ступенькам лестницы, находящейся в башне. Для того чтобы обеспечить полную безопасность маневра, перемещение допускается только с согласия водителя в кабине автомобиля, который может остановить транспортное средство в случае аварии или помех на мосту.

Полезная нагрузка на платформу, составляющая 5 кН (5 человек), равномерно распределяется по всей длине стрелы или может быть сконцентрирована на конце, если не превышает 3 кН (3 человека).

Основные виды дефектов, выявляемых при обследовании конструкций мостов:

- дефекты деформационных швов, покрытия, водоотвода, ограждений, пролетных строений;
- протечки и выщелачивание;
- дефекты защитного слоя бетона;
- дефекты в стыках, коррозия и другие нарушения арматуры;
- дефекты от внешних механических воздействий;
- дефекты стали в стальных и сталежелезобетонных пролетных строениях;
- дефекты заклепочных, болтовых и сварных соединений,
- несоответствие физико-механических характеристик металла требованиям проекта и нормативной документации [11—14].

Управление установкой включает операции внутри кабины водителя и вне ее. Внутри кабины водителя необходимо включить проблесковые маячки, затем с помощью переключателя и педали сцепления — коробку отбора мощности для приведения в действие главного насоса. При этом должен загореться индикатор переключателя. Во время работы установки число оборотов двигателя не должно превышать 800 об./мин. Машину следует поставить на ручной тормоз, в ином случае не происходит выдвижения стабилизаторов и запуска установки. О постановке на ручной тормоз свидетельствует включенный индикатор на контрольной панели.

Вне кабины водителя следует установить выключатель массы в разъем, расположенный под главной панелью. Это необходимо для пуска питания электрооборудования от аккумуляторов шасси. Затем ключом открыть дверцу главной контрольной панели и включить ее с помощью кнопки («пуск»). В случае, если мотор машины, отбор мощности или главный насос не функционируют, работа на данной установке возможна с задействованием вспомогательного насоса, который питается от аккумуляторов автомобиля. Управляя рычагом опускания и поднятия стабилизаторов, можно выполнить следующие операции:

- заблокировать подвески задней оси машины;
- выдвинуть стабилизаторы так, чтобы колеса коснулись поверхности земли.

Вышеуказанные операции заканчиваются после того, как машина визуально выровнена по горизонтали с помощью уровня. Перед тем, как начать раскладывать установку необходимо убедиться, что колеса стабилизаторов имеют полное сцепление с поверхностью дороги. Работы на установке можно, производить на поверхности с наклоном до 2° (т.е. 3 %), при этом оператор должен выровнять машину по горизонтали перед началом маневров. Для раскладывания установки перед началом маневров необходимо вынуть фиксирующие штифты, иначе произойдет повреждение металлической конструкции стрелы. Перед транспортировкой следует вернуть штифты в исходное положение.

Маневры платформы ограничены в соответствии с рабочей диаграммой. Электрическая система контроля мгновенно блокирует любой неверный маневр. В этом случае, чтобы продолжить работу, достаточно вернуть платформу в пределы рабочего диапазона и возобновить маневры. Когда люди покидают платформу перед началом складывания установки, все индикаторы на панели управления платформы должны быть выключены. Перед тем, как покинуть платформу, следует убедиться, что стрела находится в самом верхнем положении, иначе складывание установки будет заблокировано системой управления. Также на панели управления платформы имеются переключатели «выдвинуть-втянуть», которые позволяют управлять длиной телескопической части платформы под мостом. Переключатели обеспечивают вращение платформы вправо-влево, а также вращение под мостом на угол до 180° . Переключатели для стрелы «вверх-вниз» обеспечивают выдвижение стрелы вниз, ниже уровня моста. Переключатели «вперед-назад» позволяют производить перемещение установки вдоль моста в рабочем разложенном состоянии.

Особое внимание следует обратить на маневр передвижения, для этого нужно осмотреть поверхность, по которой будут передвигаться колеса. В случае наличия дефектов на дорожном покрытии необходимо подложить под колеса стальные листы. При контроле данного маневра происходит автоматическое включение маятникового измерителя наклона.

Из отечественных аналогов таких машин наиболее удачным конструктивным решением является установка АООТ «Автогидроподъемник» (г. Санкт-Петербург). Был налажен выпуск установок с малогабаритными платформами АГПМ 18/9-7,5 (на шасси грузового автомобиля КамАЗ), предназначенных для проведения инспекции и текущего ремонта мостовых сооружений, как над проезжей частью, так и под мостом.

В условиях ухудшения состояния мостов различных конструкций и выполнения требований снижения уровня риска эксплуатации инженерных сооружений очень остро стоит необходимость обновления парка машин для экспертизы технического состояния автомобильных мостов, поскольку наблюдается высокий износ спецтехники, кроме того, отсутствует кадровый состав специалистов, способных решать проблемы обеспечения и повышения надежности мостовых конструкций в необходимом объеме [15—18].

В заключение следует отметить, что основные принципы контроля и диагностики искусственных сооружений на автомобильных дорогах при строительстве, реконструкции и ремонте мостовых сооружений, приемке законченных объектов включают в себя требования по технической оснащенности средствами измерений и испытательным оборудованием [2, 19].

Библиографический список

1. Алексеев В.М., Новодзинский А.Л. Оценка технического состояния мостов Пермской области // Актуальные проблемы автомобильного, железнодорожного, трубопроводного транспорта в Уральском регионе : материалы междунар. науч.-техн. конф (1—3 декабря 2005 г.). Пермь : ПГТУ, 2005. С. 70—74.
2. Кычкин В.И., Юшков В.С. Информационные технологии организации инспекционных маршрутов мобильных ремонтных мастерских // Строительные и дорожные машины. 2015. № 8. С. 30—33.
3. AASHTO standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing. 23rd Edition. Part 2B. T321-03: Determining the Fatigue Life of Compacted Hot-Mix Asphalt (HMA) Subjected to Repeated Flexural Bending, AASHTO, Washington, D.C., 2003.
4. Доброгогорский В.Ф. Новый кран двойного назначения // Строительные и дорожные машины. 1994. № 6. С. 24—26.
5. Николайчук К. Аварийные мосты России // Автомобильные дороги. 1992. № 11—12. С. 15—16.
6. Юшков В.С., Кычкин В.И., Бармин Н.Д. Новый кабельный кран на шасси грузового автомобиля // Строительные и дорожные машины. 2015. № 9. С. 37—41.
7. EN 12697-26. Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 26: Resistance to fatigue. 2004.
8. *Alppivuori K., Leppanen A., Anila M. and Makela K.* Road traffic in winter : summary of publications in the research program. Helsinki : Finnish National Road Administration, 1995.
9. Design of concrete bridge deck rehabilitation // Best Practice Guideline. Alberta Transportation. Canada, January 2003. Режим доступа: <http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType30/Production/BPG4.pdf>.
10. *Seim C., Ingham T.* Influence of wearing surfacing on performance of orthotropic steel plate decks // Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board. 2004. No. 1892. P. 98.
11. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Телегин М.А., Хохлов С.В. Применение асфальтобетонных покрытий на мостах (иностраный опыт) // Транспорт, транспортные сооружения. Экология. 2014. № 1. С. 110—131.
12. Тимофеев Д.Р., Тимофеев Д.Д. Усиление мостовых конструкций с использованием композиционных материалов // Актуальные проблемы автомобильного, железнодорожного, трубопроводного транспорта в Уральском регионе : материалы междунар. науч.-техн. конф. (1—3 декабря 2005 г.). Пермь : ПГТУ, 2005. С. 45—51.
13. *Hicks R.G., Ian J. Dussek, Charles Seim.* Asphalt surfaces on steel bridge decks // Transportation Research Record. Vol. 1740. P. 135.
14. *Hulsey J.L., Liao Yang, Lutfi Raad.* Wearing surfaces for orthotropic steel bridge decks // Transportation Research Record. No. 1654. P. 141.
15. Пособие к СНиП 2.05.03-84. «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автомобильных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91).
16. Положение о службе лабораторного контроля Росавтодора. М., 2002. 120 с.

17. EN 13653:2004. Flexible sheets for waterproofing — Waterproofing of concrete bridge decks and other concrete surfaces trafficable by vehicles — Determination of shear strength.
18. *Leppanen A.* Final Results of Road Traffic in Winter Project: Socioeconomic Effects of Winter Maintenance and Studded Tires // Transportation Research Record 1533, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1996. Pp. 27—31.
19. *Кычкин В.И., Юшков В.С.* Основы проектирования интеллектуальных платформ дорожных лабораторий. Пермь : Изд-во ОТ и ДО, 2014. 146 с.
20. ВСН 4-81 (90). Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах.

Поступила в редакцию в январе 2016 г.

Об авторах: **Юшков Владимир Сергеевич** — старший преподаватель кафедры промышленного и гражданского строительства, **Анапский филиал — Кубанский государственный аграрный университет (Анапский филиал ФГБОУ ВПО Кубанский ГАУ)**, 353440, Краснодарский край, г. Анапа, ул. Черноморская, д. 11, 8 (86133) 4-62-42, 4-57-94, vova_84_07@mail.ru;

Кычкин Владимир Иванович — кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и технологических машин, **Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ)**, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр-т, д. 29 а, 8 (342) 239-16-54, atm@pstu.ru;

Бармин Николай Дмитриевич — доцент кафедры автомобилей и технологических машин, **Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ)**, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр-т, д. 29 а, 8 (342) 239-16-54, atm@pstu.ru.

Для цитирования: *Юшков В.С., Кычкин В.И., Бармин Н.Д.* Реализация диагностики и ремонта мостовых сооружений // Вестник МГСУ. 2016. № 6. С. 118—125.

V.S. Yushkov, V.I. Kychkin, N.D. Barmin

IMPLEMENTATION OF DIAGNOSIS AND REPAIR OF BRIDGE STRUCTURES

Insufficiency and delays of maintenance of the technical state of bridges is greatly related to work labour input, absence of adequate mechanical means and automation of the process of inspection of structures.

The authors considered domestic and foreign Machinery which repair bridge structures and are used to conduct surveys, tests and special repairs on different levels, both above and below the vehicle position. The design of a machine with the main operational characteristics is presented. The defects detected during the inspection of bridges are enumerated.

In the conditions of deterioration of the bridges of different structures and responding the requirements to reduce the risk level of engineering structures' operation there is a demand in renewing the population of machines for investigation of the technical condition of automobile bridge, because of special vehicles deterioration, there is no staff of specialists who are able to solve the problems of maintenance and increasing the reliability of bridge structures to the required extend. Also the main principles of control and inspection of bridge structures include the requirements to technical equipment for measurements and testing equipment.

Key words: diagnostics, bridge construction, road, farm, arrow, stabilizing system

References

1. Alekseev V.M., Novodzinskiy A.L. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya mostov Perm-skoj oblasti [Evaluation of the Technical State of Bridges Perm Region]. *Aktual'nye problemy*

avtomobil'nogo, zheleznodorozhnogo, truboprovodnogo transporta v Ural'skom regione : materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (1—3 dekabrya 2005 g.) [Current Problems of Road, Rail and Pipeline Transport in the Ural Region: Materials of the International Science and Technology Conference (December 1—3, 2005)]. Perm, PGU Publ., 2005, pp. 70—74. (In Russian)

2. Kychkin V.I., Yushkov V.S. Informatsionnye tekhnologii organizatsii inspeksionnykh marshrutov mobil'nykh remontnykh masterskikh [Information Technologies for Organization of Inspection Routes of Mobile Repair Shops]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny* [Construction and Road Building Machinery]. 2015, no. 8, pp. 30—33. (In Russian)

3. AASHTO Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing. 23rd Edition. Part 2B. T321-03: Determining the Fatigue Life of Compacted Hot-Mix Asphalt (HMA) Subjected to Repeated Flexural Bending, AASHTO, Washington, D.C., 2003.

4. Dobrogorskiy V.F. Novyy kran dvoynogo naznacheniya [New Crane of Dual Purpose]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny* [Construction and Road Building Machinery]. 1994, no. 6, pp. 24—26. (In Russian)

5. Nikolaychuk K. Avariynye mosty Rossii [Emergency Bridges in Russia]. *Avtomobil'nye dorogi* [Automobile Roads]. 1992, no. 11—12, pp. 15—16. (In Russian)

6. Yushkov V.S., Kychkin V.I., Barmin N.D. Novyy kabel'nyy kran na shassi gruzovogo avtomobilya [New Cable Crane on a Truck Chassis]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny* [Construction and Road Building Machinery]. 2015, no. 9, pp. 37—41. (In Russian)

7. EN 12697-26. Bituminous Mixtures — Test Methods for Hot Mix Asphalt — Part 26: Resistance to Fatigue. 2004.

8. Alppivuori K., Leppanen A., Anila M. and Makela K. Road Traffic in Winter : Summary of Publications in the Research Program. Helsinki, Finnish National Road Administration, 1995.

9. Design of Concrete Bridge Deck Rehabilitation. Best Practice Guideline. Alberta Transportation. Canada, January 2003. Available at: <http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType30/Production/BPG4.pdf>.

10. Seim C., Ingham T. Influence of Wearing Surfacing on Performance of Orthotropic Steel Plate Decks. Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board. 2004, no. 1892, p. 98. DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/1892-11>.

11. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Telegin M.A., Khokhlov S.V. Primenenie asfal'tobetonnykh pokrytiy na mostakh (inostrannyi opyt) [Application of Asphalt Concrete Pavement on Bridges (Foreign Experience)]. *Transport, transportnye sooruzheniya. Ekologiya* [Transport. Transport Facilities. Ecology]. 2014, no. 1, pp. 110—131. (In Russian)

12. Timofeev D.R., Timofeev D.D. Usilenie mostovykh konstruksiy s ispol'zovaniem kompozitsionnykh materialov [Strengthening of Bridge Structures Using Composite Materials]. *Aktual'nye problemy avtomobil'nogo, zheleznodorozhnogo, truboprovodnogo transporta v Ural'skom regione : materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (1—3 dekabrya 2005 g.)* [Current Problems of Road, Rail and Pipeline Transport in the Ural Region: Materials of the International Science and Technology Conference (December 1—3, 2005)]. Perm, PGU Publ., 2005, pp. 45—51. (In Russian)

13. Hicks R.G., Ian J. Dussek, Charles Seim. Asphalt Surfaces on Steel Bridge Decks. Transportation Research Record. 2000, vol. 1740, pp. 135—142. DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/1740-17>.

14. Hulsey J.L., Liao Yang, Lutfi Raad. Wearing Surfaces for Orthotropic Steel Bridge Decks. Transportation Research Record. 1999, vol. 1654, p. 141. DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/1654-17>.

15. *Posobie k SNiP 2.05.03-84. «Mosty i trubyy» po izyskaniyam i proektirovaniyu zheleznodorozhnykh i avtomobil'nykh mostovykh perekhodov cherez vodotoki (PMP-91)* [Manual to SNiP 2.05.03-84 “Bridges and Pipes” on the Surveys and Design of Rail and Road Bridge Crossings over Waterways (PMP-91)]. (In Russian)

16. *Polozhenie o sluzhbe laboratornogo kontrolya Rosavtodora* [Regulation on the Service of the Laboratory Control Rosavtodor]. Moscow, 2002, 120 p. (In Russian)

17. EN 13653:2004. Flexible Sheets for Waterproofing — Waterproofing of Concrete Bridge Decks and Other Concrete Surfaces Trafficable by Vehicles — Determination of Shear Strength. 2005, 10 p.

18. Leppanen A. Final Results of Road Traffic in Winter Project: Socioeconomic Effects of Winter Maintenance and Studded Tires. Transportation Research Record 1533, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1996, pp. 27—31. DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/1533-04>.

19. Kychkin V.I., Yushkov V.S. *Osnovy proektirovaniya intellektual'nykh platform dorozhnykh laboratoriy* [Basics of Designing Intelligent Platforms of Road Laboratories]. Perm, OT i DO Publ., 2014. 146 p. (In Russian)

20. VSN 4-81 (90). *Instruktsiya po provedeniyu osmotrov mostov i trub na avtomobil'nykh dorogakh* [VSN 4-81 (90). Instructions for Inspection of Bridges and Pipes on Automobile Roads]. (In Russian)

About the authors: **Yushkov Vladimir Sergeevich** — Senior Lecturer, Department of Industrial and Civil Engineering, **Anapa branch of Kuban State Agrarian University (Anapa branch of KubSAU)**, Krasnodarskiy kray, g. ul. 11 Chernomorskaya str., Anapa, 353440, the Krasnodar Territory, Russian Federation; +7 (86133) 4-62-42, 4-57-94; vova_84_07@mail.ru;

Kychkin Vladimir Ivanovich — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automobiles and Technological Machines, **Perm National Research Polytechnic University (PNRPU)**, 29 a Komsomol'skiy prospekt, Perm, 614990, Russian Federation; +7 (342) 239-16-54; atm@pstu.ru;

Barmin Nikolay Dmitrievich — Associate Professor, Department of Automobiles and Technological Machines, **Perm National Research Polytechnic University (PNRPU)**, 29a Komsomol'skiy prospekt, Perm, 614990, Russian Federation; +7 (342) 239-16-54; atm@pstu.ru.

For citation: Yushkov V.S., Kychkin V.I., Barmin N.D. Realizatsiya diagnostiki i remonta mostovykh sooruzheniy [Implementation of Diagnosis and Repair of Bridge Structures]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2016, no. 6, pp. 118—125. (In Russian)