



ENGINEER

international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

16-february, 2026



engineer.tstu.uz

**ABDURAXMON ASIMOVICH ISHANXODJAYEV TAVALLUDINING
85 YILLIGIGA BAG‘ISHLANGAN
“TRANSPORT INSHOOTLARI: ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR,
SEYSMIK BARQARORLIK”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO‘PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti texnika fanlari doktori, professor, transport qurilishi sohasida taniqli olim, fan va texnika sohasidagi Abu Rayhon Beruniy nomli O‘zbekiston Davlat mukofoti laureati, “Shuxrat belgisi” ordeni, “Sharafli mehnati uchun” medali, “Oliy talim fidoiysi”, Oliy talim alochisi”, “SSSR ixtirochisi”, “Yo‘l ustalarning ustoz”, “Seysmik xavfsizlik sohasi alochisi” ko‘krak nishonlari sohibi **Abduraxmon Asimovich Ishanxodjayev tavalludining 85 yilligiga bag‘islangan “Transport inshootlari: zamonaviy texnologiyalar, seysmik barqarorlik”** mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya ilmiy ishlari to‘plami chop etildi.

Abduraxmon Asimovich 100 dan ortiq ilmiy asarlar, shu jumladan, 2 ta monografiya, 2 ta darslik, 18 ta chet elda chop etilgan ilmiy maqola va ishlab chiqarishga tadbiiq etilgan 6 ta ixtiroga berilgan guvohnoma va patentlar muallifidir. Uning ilmiy maslahatchiligi va ilmiy rahbarligida 2 ta doktorlik, 8 ta nomzodlik va 4 ta texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajalariga dissertatsiyalar yoqlandi, ko‘p sonli ilmiy-tadqiqot mavzulari – fundamental va amaliy Ilmiy grantlar, yo‘l-ko‘prik qurilishi bo‘yicha Respublika va soha me‘yoriy hujjatlari yaratganlar.

Ishanxodjayev Abduraxmon Asimovich 1962 yilda Toshkent temir yo‘l muhandislari institutini “Sanoat va fuqaro qurilishi” mutaxassisligi bo‘yicha tugatib, bir yil O‘zbekiston suv xo‘jaligi Davlat loyiha instituti muhandisi, to‘rt yil “Toshshaxarqurilish Bosh Boshqarmasi” qurilish tashkilotlarida qurilish ustasi va ish bajaruvchi lavozimlarida ishladi. Shu davrda u hozirgi Respublika Prezidenti devoni binosi qurilishida ishtirok etdi, Toshkent viloyati Bo‘stonliq rayoni “Chimyon” dam olish zonasida tiklanayotgan “Quyoshli” pioner lager qurilishiga rahbarlik qildi. Nihoyat, u 5-yillik loyiha va ishlab chiqarish tajribasiga ega mutaxassis sifatida 1967-yil dekabrda O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi institutiga, ushbu institut direktori, o‘sha paytda fan nomzodi, keyinchalik akademik Tursunboy Rashidov ilmiy rahbarligida aspiranturaga kiradi va keyingi 20-yil davomida kichik va katta ilmiy hodim, laboratoriya mudiri lavozimlarida faoliyat ko‘rsatdi.

Shu davrda uning bevosita rahbarligi va ishtirokida O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi institutida dunyoda yagona “Metropolitanlar zilzilabardoshligi” laboratoriyasi tashkil etildi. Ushbu laboratoriya Toshkent metropoliteni Chilonzor metro yo‘lini noqulay grunt sharoitlari va yuqori seysmik zonada loyihalash va qurishda, metro qurilishi tajribasida birinchi bo‘lib yirik yig‘ma temirbeton elementlardan tiklanadigan yurish va bekat tonnellarining yangi, zilzilabardosh konstruksiyalari yaratish va tadbiiq etishda faol qatnashdi. Toshkent metrosi Chilonzor yo‘lining qurilgan bo‘laklarida ulkan eksperimental tadqiqotlar o‘tkazildi, metro tajribasida birinchi bo‘lib muhandis-seysmometrik kuzatuvlar tashkil qilindi. Laboratoriya ilmiy xodimlari va izlanuvchlaridan 10 dan ortiq kishi nomzodlik va doktorlik dissertatsiyalari yoqladilar. Kafedrada bajarilgan ilmiy-tadqiqotlar natijalarining ishlab chiqarishga tadbiiqidanda hosil bo‘lgan katta miqdordagi iqtisodiy samara institut va O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi hisobotlarida qayd etildi.



Ustozimiz 30 yildan ortiq muddatda rahbarlik qilgan Toshkent avtomobil-yo'llar instituti "Ko'priklar va transport tonnolari" kafedasi O'zbekiston Respublikasi, shuningdek, Osiyo, Afrika va Lotin Amerikasi mamlakatlari uchun ko'priksizlik bo'yicha oliy malumotli kadrlar tayyorladilar. Shuni qayd etish lozimki, professor Ishanxodjaev Abduraxmon Asimovich turli yillarda Tojikiston va Qirg'iziston Respublikalari hududlarida, Armaniston Respublikasining Spitak shahrida ro'y bergan kuchli zilzilalar oqibatlarini o'rganish va tahlil qilishda, sobiq Ittifoq Fanlar Akademiyasi prezidiumi qoshidagi seysmologiya va zilzilabardosh qurilish bo'yicha idoralararo kengash azosi sifatida faol ishtirok etdi. Keyingi yillarda u Toshkent shahri va Respublikada qurilayotgan ulkan transport inshootlari konstruksiyalari, shu jumladan Toshkent metropoliteni yer usti xalqa yo'li konstruksiyalarini ekspertiza qilish jarayonlarida ham bevosita ishtirok etdi.

Ishanxodjayev Abduraxmon Asimovich 50 yildan ortiq davrda ilmiy darajalar beruvchi ixtisoslashgan va ilmiy kengashlarning raisi, ilmiy kotibi, a'zosi va ushbu kengashlar qoshidagi ilmiy seminar raisi sifatida 300 dan ortiq mutaxassislarning doktorlik, nomzodlik va falsafa doktori ilmiy darajasini olish jarayonida qatnashdi. Hozirda u Toshkent Davlat Transport Universiteti huzuridagi doktorlik dissertatsiyalari himoyasi bo'yicha ilmiy kengash a'zosi va ushbu ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, O'zbekiston mexaniklar jamiyatining kengashi a'zosi, Sharof Rashidov nomli Samarqand Davlat universiteti va O'zbekiston Fanlar Akademiyasi seysmologiya instituti qoshidagi doktorlik dissertatsiyalari himoyasi bo'yicha ilmiy kengashlar a'zosi sifatida ilmiy darajadagi mutaxassislar tayyorlashda faol ishtirok etmoqdalar.

Mazkur ilmiy-amaliy konferensiyaning maqsadi transport qurilishi sohasida olib borilayotgan zamonaviy ilmiy tadqiqotlar yo'nalishlarini muhokama qilish, jumladan ko'priklar va tunnellar qurilishi, metropolitenlar, yuqori seysmik hududlarda transport obyektlarining ishonchliligi va seysmik mustahkamligi, zamonaviy hisoblash va loyihalash usullari, hamda innovatsion muhandislik yechimlari bo'yicha ilmiy natijalar almashuvini ta'minlashdan iboratdir.

Konferensiyada O'zbekiston Respublikasi hamda xorijiy mamlakatlarning oliy o'quv yurtlari va ilmiy-tadqiqot institutlari olimlari, shuningdek, muhim ilmiy tadqiqot natijalariga ega bo'lgan ishlab chiqarish vakillari o'z ilmiy ishlari bilan ishtirok etdilar.

"Transport inshootlari: zamonaviy texnologiyalar, seysmik barqarorlik" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. Transport inshootlari uchun zamonaviy konstruktiv yechimlar va materiallar;
2. Ko'priklar hamda yo'l o'tkazgichlarni diagnostika qilish, ta'mirlash va mustahkamlash texnologiyalari;
3. Seysmik hududlarda transport inshootlarini loyihalash va ekspluatatsiya qilishdagi dolzarb masalalar;
4. Ilg'or xorijiy tajriba, innovatsion yondashuvlar va amaliy tavsiyalar.

Ushbu ilmiy-ma'rifiy to'plam Abduraxmon Asimovich Ishanxodjayevning tabarruk 85 yoshga to'lishi munosabati bilan nashr etilib, unda transport qurilishi sohasida faoliyat yuritayotgan yetakchi olimlar, professor-o'qituvchilar va malakali mutaxassislarning ilmiy izlanishlari jamlangan. To'plamda transport qurilishining dolzarb muammolari, zamonaviy muhandislik yechimlari, ilmiy-nazariy va amaliy tadqiqot natijalari yoritilib, ushbu sohaning bugungi holati va istiqboldagi rivojlanish yo'nalishlari aks ettirilgan. Mazkur nashr Abduraxmon Asimovichning transport qurilishi faniga qo'shgan ulkan hissasiga nisbatan chuqur hurmat va e'tirof ramzi sifatida tayyorlangan.



Experience in Implementation and Prospects for the Development of Structural Health Monitoring Systems at Transport and Civil Infrastructure Facilities

A. Belyi^{1,2}^a, Sh. Kadirova¹^b, Mamadaliev MuhammadYusuf³^c

¹Tashkent University of Architecture and Civil Engineering, Tashkent, Uzbekistan

²K2 Engineering LLC, Moscow, Russia

³“O‘zyo‘lko‘prik Klasteri” State Institution, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The paper presents a theoretical analysis of the integrated operation of structural health monitoring (SHM) subsystems applied to transport and civil infrastructure facilities. Bridge structures are identified as the primary field of SHM implementation due to their complex operational conditions. The study considers instrumental monitoring (stress–strain condition, accelerations, inclinations) and geodetic monitoring (GNSS-based displacement control). Advantages, limitations, and practical applications of each subsystem are discussed. It is demonstrated that the integrated use of monitoring subsystems significantly improves measurement accuracy and enhances reliability of structural condition assessment and forecasting.

Keywords: structural health monitoring, bridges, GNSS, stress–strain condition, accelerations, inclinometers, displacement monitoring

Опыт реализации и перспективы развития систем мониторинга инженерных конструкций на объектах транспортной и гражданской инфраструктуры

Belyi A.A.^{1,2}^a, Kadirova Sh.Sh.¹^b, Мамадалиев МухаммадЮсуф³^c

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

²ООО “K2 Engineering” Москва, Россия

³«Ўзйўлқўприк кластер» Гос. Учреждение, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: В статье представлен теоретический анализ интегрированной работы подсистем мониторинга состояния конструкций (SHM), применяемых на объектах транспортной и гражданской инфраструктуры. В связи со сложными условиями эксплуатации мостовые сооружения выделяются в качестве основного направления внедрения SHM. В исследовании рассматривается инструментальный мониторинг (напряженно-деформированное состояние, ускорения, наклоны) и геодезический мониторинг (контроль перемещений на основе ГНСС). Обсуждаются преимущества, ограничения и практические применения каждой подсистемы. Показано, что комплексное использование подсистем мониторинга значительно повышает точность измерений и повышает надежность оценки и прогнозирования состояния конструкций.

Ключевые слова: мониторинг состояния конструкций, мосты, ГНСС, напряженно-деформированное состояние, ускорения, инклинометры, мониторинг перемещений

1. Введение

В настоящее время системы мониторинга являются наиболее адекватным и точным инструментом по диагностике объектов гражданского и транспортного строительства как во время их возведения, так и особенно в период последующей эксплуатации [[34], [36], [37], [39], [42], [43]]. Эта тенденция наблюдается параллельно с новыми современными подходами глобального информационного моделирования и обследования искусственных сооружений [[44]]. Различными примерами применения систем

мониторинга являются транспортные объекты: мосты [[41], [42], [45], [46], [48]], тоннели [[49], [50]], набережные, дамбы [[51]] и гидротехнические сооружения, а также отдельные элементы объектов транспортной инфраструктуры [[52], [53], [54]], но основной сферой применения систем мониторинга являются мостовые конструкции [[38], [41], [42], [45], [46], [48], [55], [56]]. По всей видимости это связано со сложными условиями их эксплуатации, что, впоследствии, напрямую влияет на степень сложности

^a <https://orcid.org/0000-0002-2825-1368>

^b <https://orcid.org/0009-0007-6148-9785>

^c <https://orcid.org/0009-0007-0059-8072>



работ по их ремонту и содержанию: зачастую мостовые сооружения расположены через большие реки, заливы, искусственные преграды.

Кроме того, данная тема (системы мониторинга с классификацией на типы и комбинации) до сих пор не имеет всестороннего анализа и результатов. Несмотря на ряд диссертаций за последние годы [[57], [58], [59], [60], [61], [62], [63], [64]], вопрос координации и одновременной работы подсистем мониторинга до сих пор открыт для исследований и требует некоторого анализа.

В этой связи основная цель настоящей статьи – теоретическая иллюстрация совместной работы различных подсистем мониторинга конструкций, делающих исследования в области управления техническим состоянием конструкций гораздо простыми и, что более важно, точными. С этой целью даны описания некоторых подсистем, с их возможностями, преимуществами и недостатками

2. Методология

Мониторинг [2, 7, 16] – это процесс постоянного контроля за текущим состоянием любого объекта с накоплением и оценкой собираемой информации, контроля изменения технического состояния во времени и взаимодействия объекта контроля с природными и техногенными факторами.

Как указано в работе [9], стремительный рост числа большепролетных и высотных искусственных сооружений по всему миру очевидно привел к ускорению развития и внедрения систем инструментального мониторинга.

Основной метод исследования состоит в кратком описании подсистем мониторинга с реальными примерами и иллюстрацией основных принципов работы и анализа.

Вкратце, данные (англ. data, D), необходимые для заказчика, могут быть получены от подсистем мониторинга, что может описано следующим образом:

$$D = \{ \blacksquare (SDC \& INCL @ ACC \& DISP) \} \quad (1),$$

где

SDC – Напряженно-деформированное состояние (англ. Stressed-Deformed Condition) (напряжения и деформации);

INCL – Наклоны (англ. Inclines) (углы поворота);

ACC – Ускорения (англ. Acceleration) (ускорения сами по себе и их производные, такие как вибрации и частотные характеристики);

DISP – Перемещения (англ. Displacement) (абсолютные и относительные).

Напряженно-деформированное состояние (SDC) обычно контролируется тензометрическим способом. Для его реализации разработаны специальные приборы – тензометры. Они измеряют деформацию в определенной точке (зоне) элемента конструкции, и затем, используя закон Гука, определяются напряжения. Деформации, измеряемые на отрезке, называемом базой S, при работе в упругой стадии характеризуются малыми значениями. Тензометрами измеряют абсолютное удлинение (укорочение) ΔS и по ним определяют среднюю относительную деформацию:

$$\varepsilon = \Delta S / S \quad (2).$$

Для того чтобы средняя относительная деформация точнее отражала истинную, база S должна быть по возможности меньшей.

При линейном напряженном состоянии для определения напряжения достаточно измерить ΔS – на базе, расположенной по направлению действующего усилия. По полученному значению ε и известному модулю упругости E вычисляют напряжение:

$$\sigma = \varepsilon E \quad (3).$$

Подсистема контроля ускорений предоставляет динамические параметры сооружений в виде наборов ускорений и частотных картин колебаний. Они (параметры) интегрально содержат данные о жесткостях, массах сооружения и внешних воздействиях.

Результаты измерений при «динамическом мониторинге» позволяют выявить скрытые изменения прочностных свойств конструкций [15]. Таким образом, в задачи динамического мониторинга входит следующее:

- определение доминирующих частот свободных колебаний;
- оценка влияния сейсмической активности на динамическую работу сооружения;
- установление уровня влияния транспортных нагрузок на динамические характеристики;
- анализ частот с целью оценки и прогноза изменения технического состояния.

Подсистема контроля наклонов/углов поворота возможно самая простая технически среди других, так она требует лишь базовых геометрических и физических познаний для проектирования, выбора и расстановки специализированных датчиков.

Как известно, инклинометры (или наклонометры) измеряют угол наклона различных объектов относительно гравитационного поля Земли. В настоящее время наибольшее применение нашли двухкоординатные инклинометры для возможности проведения измерений в двух направлениях (как правило, вдоль и поперек оси сооружения).

Вкратце работа инклинометров описывается в работе [13]. Их основой являются древние наблюдения, связанные с уровнем воды.

При использовании инклинометров у них есть одно существенное ограничение в области применения. Когда инклинометр расположен в зоне, с одинаковыми углами поворота с двух сторон. Например, это середина разрезной балки. Даже при поворотах на большую величину в опорных зонах датчик не наклонится. Поэтому располагать инклинометры следует в точках пересечения гармоник ряда Фурье с осью стержня [14], что для большепролетных сооружений определяется по формуле:

$$y(x) = y_0 + \sum_{i=1}^n \left(y_{si} \sin \frac{\pi i x}{L} + y_{ci} \cos \frac{\pi i x}{L} \right) \quad (4)$$

Подсистема перемещений контролируется методами геодезического мониторинга (подсистема спутникового позиционирования ГНСС).

В основе спутниковой системы мониторинга деформаций лежит принцип дифференциального (относительного) спутникового позиционирования с помощью сигналов ГНСС.

Геометрические дальности до спутников вычисляется методом разрешения фазовой неоднозначности OTF (On-the-fly - разрешение неоднозначности «на лету», используемое к быстро



смещаемым точкам) или Quasy-Static (квази-статика, когда предварительно известны координаты точек и их смещение медленное).

После того как будут найдены геометрические дальности до спутников, методом пространственной линейной засечки определяется пространственный вектор (приращение координат) между спутниковыми антеннами базовой станции и станции мониторинга:

$$D = (XB - XA, YB - YA, ZB - ZA)T \quad (5)$$

где,

X_A, Y_A, Z_A – значения координат точки мониторинга;

X_B, Y_B, Z_B – значения координат базовой станции.

3. Результаты исследования

В целом, анализируя различные подсистемы мониторинга, следует подчеркнуть тот факт, что методы инструментального мониторинга зачастую используются совместно практически на всех внеклассных и больших мостах. Так, это подтверждается публикациями [1, 8, 9, 13, 15, 23], а также исследованиями авторов настоящей статьи [16, 22]; практически нереально использовать отдельные элементы мониторинга. Только в отдельных случаях можно использовать какой-то один тип датчика (оборудования), а не комплексный набор разнообразных сенсоров.

Авторы вкратце описали теорию каждой из подсистем. Легко обнаружить, что каждая из них имеет абсолютно разную физическую и математическую подоснову. Однако вместе, в совокупности, возможно получить единую интегральную систему мониторинга конструкций.

В таблице 1 мы дали оценку преимуществ и недостатков каждой из подсистем. “+++” обозначает высокую точность и возможности подсистемы, “++” – среднюю, “+” – частичное использование, “-“ – невозможность контроля параметров подсистемой.

Таблица 1

Подсистема	SDC	ACC	INCL	DISP
Инструментальный мониторинг	+++	+++	++	+
Геодезический мониторинг	-	++	+++	+++

4. Заключение

1). Мониторинг конструкций – современный и точный инструмент по управлению техническим состоянием мостовых объектов.

2). Следует выделять две основных подсистемы мониторинга – инструментальный и геодезический, позволяющие контролировать все параметры, требуемые для контроля – data (D).

3). Параметры контроля (Data (D)) состоят из четырех групп характеристик: SDC – напряженно-деформированное состояние (напряжения и деформации); INCL – инклинометрия (углы поворота); ACC – ускорения (сами по себе и производные характеристики, такие как вибрации и частоты); DISP – перемещения (абсолютные и относительные).

4). Некоторые характеристики могут быть получены только определенными (уникальными) датчиками, но в большинстве случаев различные средства

инструментального и геодезического мониторинга следует использовать совместно.

5). Одновременное использование различных подсистем мониторинга делает результаты измерения более точными, а анализ и прогноз состояния – более интегральным (комплексным).

Список литературы/References

[34] Sumitro S. Structural Health Monitoring System Applications in Japan / S. Sumitro, M.L. Wang. / In: Ansari F. (eds) Sensing Issues in Civil Structural Health Monitoring. Springer, Dordrecht, 2005. – pp. 495-504. https://doi.org/10.1007/1-4020-3661-2_49.

[35] Andersen J. E. Structural health monitoring systems. / J. E. Andersen, M. Fustinoni. Italy: L&S S.r.l. Servizi Grafici, 2006. – 126 p.

[36] Rucker W. Guideline for structural health monitoring. Final report / W. Rucker, F. Hille, R. Rohrmann. SAMCO, Berlin, 2006. – 63 p.

[37] Li J and Hao H. Damage detection of shear connectors under moving loads with relative displacement measurements. Mech Syst Signal Pr 2015; 60–61: 124–150.

[38] Ana Paula Camargo Larocca, João Olympio De Araújo Neto, Jorge Luiz Alves Trabanco, Augusto César Barros Barbosa, André Luiz Barbosa Nunes Da Cunha, Ricardo Ernesto Schaal. Uso de receptores GPS de 100 HZ na detecção de deflexões verticais milimétricas de pontes de concreto de pequeno porte [The use of GPS at a rate of 100 HZ to detect millimetric vertical deflections of small sized concrete bridges] .Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 21, no 2, p.290-307, abr-jun, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702015000200017>

[39] Lienhart, W., Ehrhart, M. State of the art of geodetic bridge monitoring Structural Health Monitoring 2015: System Reliability for Verification and Implementation - Proceedings of the 10th International Workshop on Structural Health Monitoring, IWSHM 2015 DOI: 10.12783/SHM2015/58

[40] Mustafa Furkan, Qiang Mao, Matteo Mazzetti, John DeVitis, S. Paul Sumitro, Fred Faridazar, A. Emin Aktan, Franklin Moon, Ivan Bartoli. An investigation on wireless sensors for asset management and health monitoring of civil structures. Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2016, edited by Jerome P. Lynch, Proc. of SPIE Vol. 9803, 98033E doi: 10.1117/12.2218908.

[41] Mosbeh R. Kaloop and Jong Wan Hu. Dynamic Performance Analysis of the Towers of a Long-Span Bridge Based on GPS Monitoring Technique/ Journal of Sensors Volume 2016 (2016), Article ID 7494817, 14 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7494817>

[42] Yang Y. Specifications and applications of the technical code for monitoring of building and bridge structures in China. // Y. Yang, Q. S. Li, B. W. Yan. Advances in Mechanical Engineering. – 2017. – Vol. 9 (1). p. 1–10. DOI: 10.1177/1687814016684272.

[43] Geoffrey R. Thomas, Akbar A. Khatibi. Durability of structural health monitoring systems under impact loading. Procedia Engineering 188 (2017) 340 – 347

[44] Антонюк А.А., Чижов С.В. Принципы информационного моделирования транспортных сооружений // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017)

[45] Wenzel H. Health monitoring of bridges. / H. Wenzel. Chichester: John Wiley & Sons, 2009. – 621 p.



[46] Ященко А.И. От водяного уровня до высокоточного инклинометра // А.И. Ященко. Журнал "Геопрофи", № 4/2010. – М.: Информационное агентство "ГРОМ", 2010 – С. 17 - 19.

[47] Andrei Belyi, German Osadchy, Kirill Dolinskiy. Practical Recommendations for Controlling of Angular Displacements of High-Rise and Large Span Elements of Civil Structures // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2018) – С. 176-183. 10.1109/EWDTS.2018.8524743.

[48] Яшнов А.Н. Некоторые результаты работы системы динамического мониторинга академического моста через р. Ангару в Иркутске. // А.Н. Яшнов, Т.М. Баранов. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017.- №1(60). с. 199-209.

[49] Belyi A.A. Structural health and geotechnical monitoring during transport objects construction and maintenance (Saint-Petersburg example). // A.A. Belyi, E.S. Karapetov, Yu. S. Efimenko. Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 189. p.145–151. PII: S1877-7058(17)32145-8 DOI:10.1016/j.proeng.2017.05.024

[50] Коробова О.А. Состояние вопроса мониторинга подземных конструкций на современном этапе // О.А. Коробова, Л.А. Максименко. Интерэкспо гео-сибирь. – 2017, том 3, №2. С. 269-275.

[51] Хиллер Б. Исследование автоматизированной системы деформационного мониторинга шлюзовых камер. // Б. Хиллер, Х.К. Ямбаев. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2016.- №3. С. 33-38.

[52] Ефанов Д.В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. Монография. / Д.В. Ефанов – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с..

[53] Хиллер Б. Цифровые инклинометры в системах автоматизированного геодезического мониторинга деформаций // Б. Хиллер. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, №6, 2015. – М.: Московский государственный университет геодезии и картографии, 2015. – С. 23-30.

[54] Ефанов Д.В. Организация непрерывного мониторинга углов наклона опор железнодорожной контактной сети // Д.В. Ефанов, Г.В. Осадчий, Д.В. Седых, Д.В. Барч. // Транспорт Урала. – 2017. – №:2 (53) с: 37-41 DOI: 10.20291/1815-9400-2017-2-37-41

[55] Брынь М.Я. Геодезический мониторинг деформаций вантовых мостов на основе спутниковых технологий. // М.Я. Брынь, Е.Г. Толстов, А.А. Никитчин, Б. Резник, А.И. Ященко, О.В. Евстафьев, В.А. Кучумов. – 2009. «Известия Петербургского Университета Путей Сообщения», выпуск 2(19)/– СПб.: ПГУПС, 2009 – с.120-128.

[56] 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.

[57] Самитов Р.А. Системотехника организации инженерного мониторинга сложных строительных сооружений (на примере автодорожных мостов). Дисс. уч. ст. д.т.н. / Р.А. Самитов – 2001. – М. - 299 с.

[58] Гарамов О.В. Элементы системы профилактического мониторинга железобетонных мостов региональной сети автомобильных дорог. Дисс. уч. ст. к.т.н. / О.В. Гарамов – 2005. – СПб. – 187 с.

[59] Мазуров Б.Т. Изучение геодинамических процессов на основе моделирования геодезических и гравитационных параметров. Дисс. уч. ст. д.т.н. / Б.Т. Мазуров – 2007. – М. - 254 с.

[60] Хазанов М.Л. Анализ напряженно-деформированного состояния мостовых конструкций с использованием компьютерной измерительной системы. Дисс. уч. ст. к.т.н. / М.Л. Хазанов – 2007. – М. – 131 с.

[61] Коргина М.А. Оценка напряженно-деформированного состояния несущих конструкций зданий и сооружений в ходе мониторинга их технического состояния. Дисс. уч. ст. к.т.н. / М.А. Коргина – 2008. – М. – 225 с.

[62] Никитчин А.А. Геоинформационный мониторинг вантовых мостов спутниковыми методами. Дисс. уч. ст. к.т.н. / А.А. Никитчин – 2009. – СПб. 148 с.

[63] Мизин В.Е. Совершенствование методов геодезического обеспечения мониторинга линейных объектов. Дисс. уч. ст. к.т.н. / В.Е. Мизин – 2012. – Новосибирск. – 180 с.

[64] Скрипникова М.А. Разработка и совершенствование методик геодезических измерений для обеспечения эксплуатации гидротехнических сооружений и оборудования. Дисс. уч. ст. к.т.н. / М.А. Скрипникова – 2012. – Новосибирск. – 165 с.

Сведения об авторах / Information about the authors

Белый Андрей Анатольевич / Andrei Anatolievich Belyi	д.т.н, доцент, академик Международной академии транспорта, академик Российской академии транспорта, технический директор ООО «К2 Инжиниринг», профессор кафедры «Мосты и тоннели» Ташкентского государственного транспортного университета E-mail: andbelyi@mail.ru
Кадирова Шарофат Шавкатовна / Sharofat Shavkatovna Kadirova	старший преподаватель кафедры «Мосты и тоннели» Ташкентского государственного транспортного университета E-mail: kadirova.sharofat@mail.ru
Мамадалиев Мухаммад Юсуф / Mamadaliyev Muhammad Yusuf	«Ўзйўлқўприк кластер» Гос. Учреждение, отдел “Диагностика мостов и искусственных сооружений”, главный специалист E-mail: yusuf.botirovich@gmail.com https://orcid.org/0009-0007-0059-8072



K. Sultanov

Parameters of underground metro structure interaction with soil under seismic loads and methods for their determination8

B. Mardonov, N. Nishonov, M. Berdibaev, A. Khurramov, R. Azamov

Vibrations of a rigid beam elastically connected to deformable supports under seismic loads13

A. Belyi, Sh. Kadirova, M. Mamadaliev

Experience in Implementation and Prospects for the Development of Structural Health Monitoring Systems at Transport and Civil Infrastructure Facilities20

U. Shermukhamedov, Sh. Mirkhodjaev, A. Karimova, A. Abdullaev

On the issue of assessing a monolithic reinforced concrete overpass under seismic impacts24

I. Mirzaev, S.M. Gaynazarov

Mutual influence of parallel tunnels in an elastic medium in the epicentral zone of an earthquake31

Sh. Erboev, D. Juraeva

Modern building materials based on household waste and natural raw materials37

Kh. Akramov, R. Ametov

Physicochemical analysis of expanded clay concrete modified with mineral and chemical additives39

Z. Rakhimjonov, A. Khurramov

Application of new seismically insulated supporting parts for seismic protection of bridge intermediate buildings44

E. Shipacheva, Z. Muradov

Concrete for Additive Construction Production in Dry Hot Climate Conditions for Transport Infrastructure49

I. Mirzaev, U. Shermukhamedov, A. Karimova, A. Abdullaev

Seismic Performance of Continuous Monolithic Bridges54

A. Khasanov, Z. Khasanov, B. Kurbanov, B. Toshmukumov

Use of basalt reinforcement, mesh, and fabrics as structural materials in geotechnical and earthworks59