

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВ И ПУТЕПРОВОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

Шермухамедов У.З.

Д.т.н., профессор, Ташкентский Государственный транспортный университет

Каримова А.Б.

Соискатель, Ташкентский Государственный транспортный университет

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7422524>

Аннотация. В данной работе рассмотрены 2 варианта конструкции путепровода с балочно-разрезной и балочно-неразрезной статической схемы. Сравнение вариантов путепровода осуществлено по научно-обоснованным технико-экономическим и эстетическим показателям, основанным на теории корреляции, и в соответствии с которыми был выбран путепровод балочно-неразрезной (монолитной) схеме.

Ключевые слова: мосты и путепроводы, эффективность, вариантное проектирование, разрезные и неразрезные схемы, монолитный железобетон, технико-экономическое сравнение, теория корреляции.

MODERN APPROACHES TO DESIGN AND CONSTRUCTION OF BRIDGES AND OVERPASSES IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Abstract. In this paper, 2 options for the design of an overpass with a beam-cut and a beam-continuous static scheme are considered. Comparison of overpass options was carried out according to scientifically substantiated technical, economic and aesthetic indicators based on the theory of correlation, and in accordance with which an overpass of a beam-continuous (monolithic) scheme was chosen.

Keywords: bridges and overpasses, efficiency, alternative design, split and continuous schemes, monolithic reinforced concrete, technical and economic comparison, correlation theory.

Введение.

В современных городах проектирование и строительство мостовых сооружений ведется стремительными темпами. В первую очередь это связано с постоянным увеличением количества автомобилей, особенно в мегаполисах, что создает серьезные проблемы для движения транспорта и пешеходов, в свою очередь, вызывает пробки, затрудняя людям возможность добраться до места назначения [1, 2].

В настоящее время в узбекском мостостроении изучаются новые современные методы проектирования и строительства, применяются новые приемы и технологии, постепенно отказываясь от принципов типового проектирования и строительства [2]. Одним из известных и нетрадиционных способов является метод монолитного строительства. Применение данного способа широко распространено в строительстве уникальных объектов в крупных городах мира. Благодаря этому, строительство объектов дорожной инфраструктуры, транспортных сооружений, в том числе мостов, путепроводов и метрополитенов, развивается в соответствии с современными требованиями.

В качестве примера можно привести проект дороги, соединяющей Сергелийский и Яккасарайский районы, реализованный в два этапа. На первом этапе построен двухкилометровый участок дороги от улицы Чупонота до Ташкентской кольцевой автодороги. Через Малую кольцевую автомобильную дорогу построен мост длиной 788

метров, а на пересечении с Ташкентской кольцевой автодорогой (ТКАД) построены два путепровода длиной 207 метров (рис. 1). На втором этапе новая дорога продолжается с ТКАД по ул. Кипчак с соединением существующих путепроводов [3].



Рисунок 1. Современные неразрезные (монолитные) железобетонные путепроводы и мосты в Ташкенте

Помимо этого, для развития и улучшения дорожно-транспортной инфраструктуры крупного исторического города Самарканда начали использовать монолитный способ возведения мостов и путепроводов. Одним из ярких примеров этого является новый путепровод, который реализуется на 1083-м км автомобильной дороги М-39, проходящей через город Самарканд.

Исходя из вышеизложенного, можно отметить, что разработка технических решений (проектирование и расчет) монолитных железобетонных мостов и путепроводов является актуальным вопросом. Это, в свою очередь, оказывает кумулятивный эффект на развитие мостостроительной отрасли Республики Узбекистан.

Постановка задачи. В данной статье рассмотрены вопросы сравнительного технико-экономического обоснования железобетонных путепроводов с разными статическими схемами при строительстве.

Разработка вариантов и выбор рационального решения в заданных условиях – наиболее ответственный этап создания мостового сооружения. От правильности назначения схемы зависят стоимость и сроки возведения моста, его надежность, условия работы в процессе эксплуатации и внешний вид. Для поиска наиболее рационального решения разрабатываются несколько вариантов мостового сооружения, отвечающих заданным условиям [4].

Задачи исследования:

- разработка вариантов железобетонных городских путепроводов с разными статическими схемами;
- выполнение технико-экономического обоснования разработанных вариантов и выбор наиболее рационального варианта;
- анализ факторов, влияющих на ценообразование.

Разработка вариантов железобетонных путепроводов с разными статическими схемами. Выбор варианта является сложной многокритериальной задачей, при решении которой приходится учитывать экономические, технологические, эксплуатационные, эстетические и многие другие факторы, такие как стоимость, расход основных строительных материалов, длину и отверстие моста, наличие судоходства или подмостового габарита, трудоемкость и производительность строительства, потребность в монтажном и другом технологическом оборудовании, машинах и механизмах, наличие

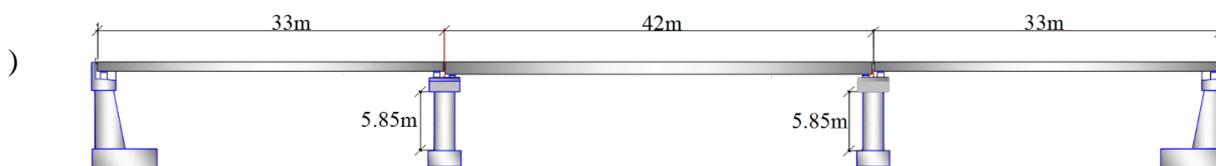
местных материалов, особенности эксплуатации, внешний вид сооружения (архитектурные качества) и т.д. Выбор производится путем тщательного и всестороннего сравнения разработанных вариантов [4, 5].

Отметим, что для выбора наиболее оптимального варианта конструкции по технико-экономическим показателям путепровода, используем метод вариантного проектирования [4-6]. При составлении вариантов путепровода используются разные статические схемы. В статье были разработаны 2 варианта конструкции путепровода.

Первый вариант путепровода разработан по балочно-разрезной статической схеме $33\text{м}+42\text{м}+33\text{м}$, состоящего из сборного железобетона. Пролетные строения, предварительно напряженные, длиной 33м и 42м. Промежуточные опоры имеют размеры: высота 5.85 м, ширина по фасаду 2 м, а по боковому направлению имеют переменный размер по высоте от 5 м до 8.4 м, фундамент на свайном основании.

Второй вариант путепровода разработан по балочно-неразрезной статической схеме и состоит из монолитного железобетона. Железобетонный неразрезной (монолитный) путепровод – трех пролетный, длиной 110 м и шириной 10.5 м, имеет переменную толщину вдоль путепровода. Пролетное строение путепровода выполнено неразрезной железобетонной расчетной схемой $33\text{м}+42\text{м}+33\text{м}$ индивидуального проектирования. По фасаду пролетное строение выполнено плитой переменной высоты – 1.3м в пролете и 2.3 м над опорой. Промежуточные опоры имеют размеры: высота 5.85 м, ширина по фасаду – 2 м, а по боковому направлению имеют переменный размер по высоте от 5 м до 8.4 м, фундамент на свайном основании.

На рисунках 2 и 3 приведены разработанные варианты, где проиллюстрированы фасад путепровода по каждому варианту и характерные поперечные разрезы. На фасаде и поперечных разрезах приведены все основные размеры сооружения в целом и его составных частей путепровода: длина пролетов, высота пролетных строений, расстояния между главными балками, ширина проезжей части и сооружения в целом.



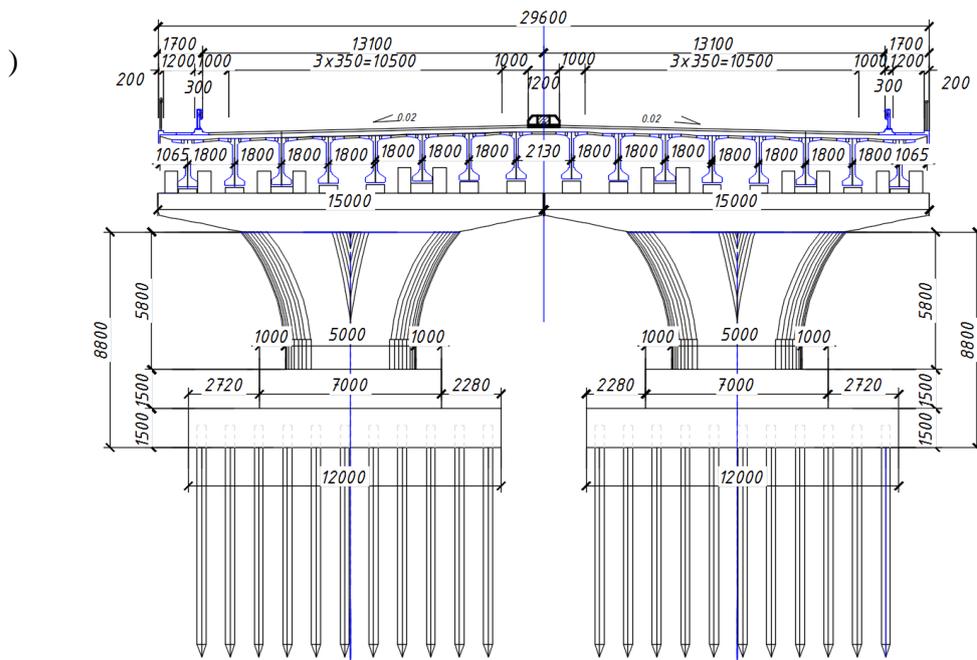
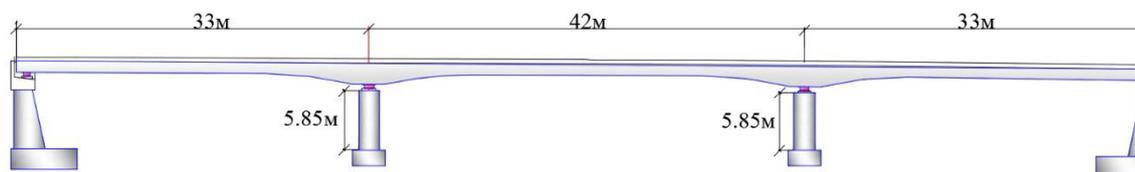


Рисунок 2. Вариант балочно-разрезной схемы с типовыми пролетными строениями:
а – фасад, б – поперечное сечение

а)



б)

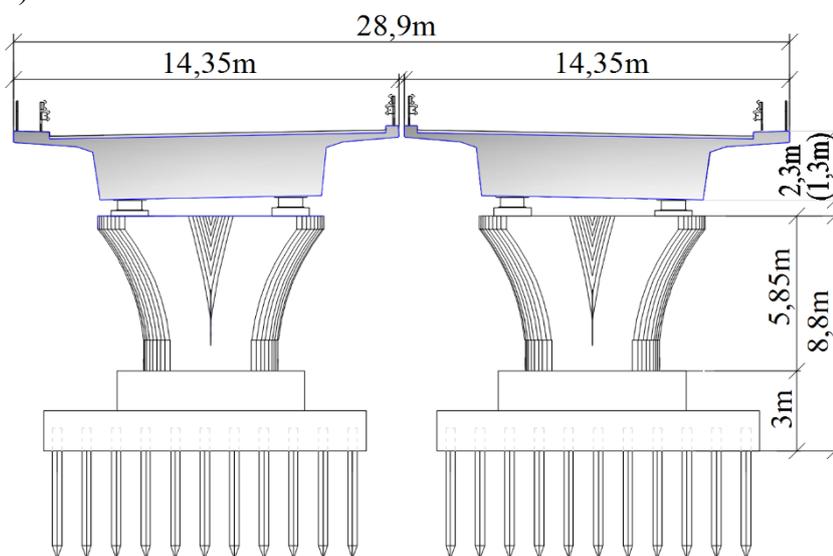


Рисунок 3. Вариант балочно-неразрезной схемы с индивидуальными пролетными строениями:
а – фасад, б – поперечное сечение

Методы исследования. В области строительной индустрии и, в частности, мостостроении методика исследования, основанная на теории корреляции, может быть рекомендована [8]:

– для выявления научно-обоснованных технико-экономических показателей сооружения мостов различных систем в зависимости от величины пролета, ширины моста, высоты опор, способа производства работ и других конструктивных и технологических факторов;

– для определения влияния сборности, уровня механизации и других факторов на продолжительность строительства;

– для определения законов веса, а затем и законов стоимости железобетонных конструкций различного назначения от таких факторов, как:

- насыщение арматурой;

- величина пролета;

- сложность очертания и т.п.;

- для изучения различных проблем, связанных с выбором оптимальных вариантов организации производства [8, 11].

Полная стоимость сооружения определяется как сумма фактической себестоимости изготовления и монтажа пролетного строения (балочно-разрезной системы) или изготовления монолитным способом со сметной стоимостью временных сооружений.

Выбор варианта осуществляется по минимуму ежегодных приведенных строительных и эксплуатационных расходов [5, 6]:

$$P_{CЭ} = E_H K + CЭ - E_H (\Theta_{тр} + \Theta_э - П_0) \quad (1)$$

где E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений,

$E_H = 0,1$;

K – сметная стоимость строительства моста;

$CЭ$ – ежегодные эксплуатационные расходы;

$\Theta_{тр}$ – эффект от уменьшения накладных расходов по вариантам с меньшей трудоемкостью работ;

$\Theta_э$ – эффект от раннего ввода в эксплуатацию по варианту с меньшим сроком строительства;

$П_0$ – потери от нефункционирующих капитальных вложений при расчетах сравнительной эффективности.

Единая методика позволяет выявить сопоставимые показатели, характеризующие пролетные строения балочно-разрезных и балочно-неразрезных (монолитных) мостов и путепроводов, и с достаточной точностью оценить и сравнить различную технологию их сооружения [4, 11].

Технико-экономическое обоснование вариантов железобетонных путепроводов с разными статическими схемами при строительстве. Произведены соответствующие расчеты по технико-экономическим показателям с целью выбора наиболее рационального варианта путепровода. В таблице 1 и на рисунке 4 представлены стоимость сооружения по каждому варианту.

Таблица 1

Технико-экономическое сравнение вариантов путепровода

№	Наименование работ	Стоимость балочно-разрезного варианта, в сумах	Стоимость балочно-неразрезного варианта, в сумах	Разница расходов, в сумах
1	Устои	5 966 502 124.76	5 966 502 124.76	–
2	Промежуточные опоры	4 112 641 909.68	3 728 056 863.72	+ 384 585 045.96
3	Пролетные строения	10 413 954 461.12	20 412 824 307.52	– 9 998 869 846.40
4	Мостовое полотно	3 381 530 386.23	2 427 015 435.30	+ 954 514 950.93
5	Сопряжения моста с насыпью и другие	1 929 470 830.18	1 661 654 469.33	+ 267 816 360.85
	Итого	25 804 099 711.97	34 196 053 200.63	– 8 391 953 488.66

При определении стоимости опирались на контрактные расценки в Узбекистане при строительстве реальных объектов.

Стоимость 1м³ железобетона фундамента 4842302 сум (с НДС) – 440 USD.

Стоимость 1м³ железобетона тела опоры 2899398 сум (с НДС) – 264 USD.

Стоимость 1м³ железобетона ригеля 3125299 сум (с НДС) – 284 USD.

Стоимость 1м³ железобетона пролетных строений 12886474 сум (с НДС) – 1172 USD для сборных конструкций.

Стоимость бетона в Узбекистане 716220 сум (с НДС) – 65,0 USD для сборных конструкций.

Стоимость бетона в Узбекистане 3103464 сум (с НДС) – 282 USD для монолитной конструкции.

Стоимость 1 т арматуры принята 9200000 сум (с НДС) – 836 USD за 1 т. Стоимость стройматериалов принята в соответствии с каталогом цен за 2022 г.

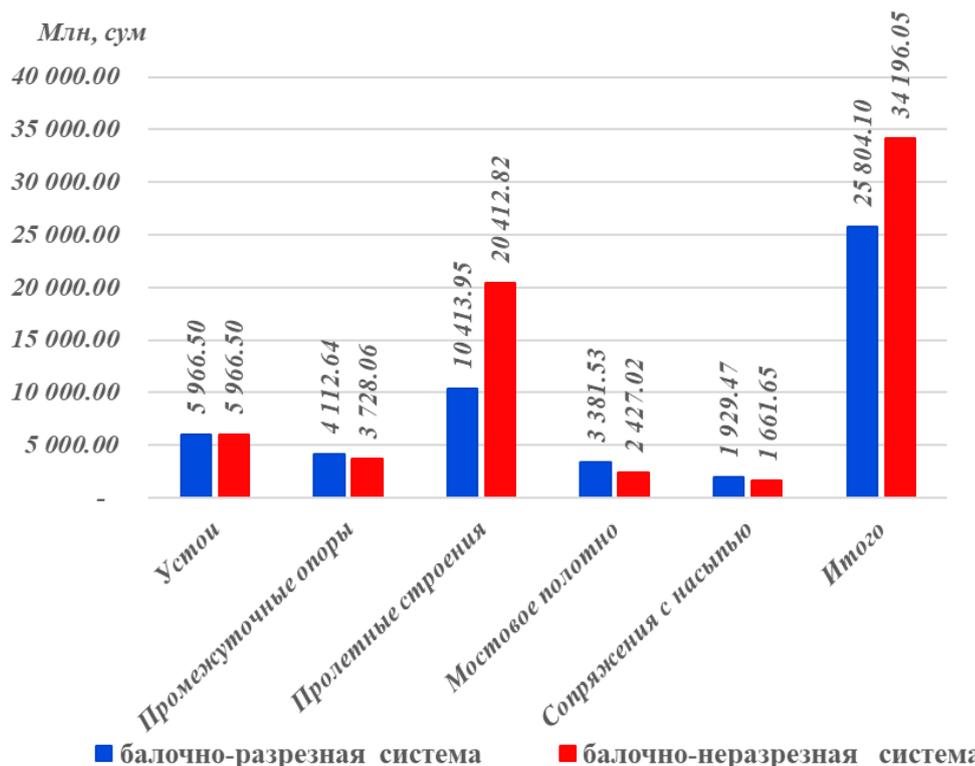


Рисунок 4. Сравнительный технико-экономический анализ вариантов железобетонных путепроводов с разными статическими схемами при строительстве

Из графика видно, что на балочно-разрезном варианте стоимость строительства промежуточных опор дороже на 10,4%, мостового полотна на 28,2%, сопряжения путепровода с насытью и другие элементы на 13,8%, чем балочно-неразрезного (монолитного) варианта. Однако, при сооружении пролетных строений монолитным способом стоимость строительства значительно дороже на 49%, а разница между общими стоимостями путепровода с разными статическими системами получается 24,5% за счет импортируемых устройств и материалов. Стоимость материалов основной конструкции составляет только 27-58% стоимости сооружения пролетного строения.

Исходя из возможностей мостостроительной индустрии Республики Узбекистан, возможность проектирования и строительства неразрезных железобетонных монолитных мостов и путепроводов в городах требует конкретных исследований и разработки рационального решения.

Следует отметить, что за последние годы в строительстве мостов стали применять различные новые техники и технологии. Строительство монолитных конструкций является одним из известных и нетрадиционных методов. Основная особенность монолитного строительства заключается в том, что местом для производства материала монолитных мостов и других инженерных сооружений является строительная площадка. Применение монолитного железобетона позволяет реализовывать многообразие архитектурных форм, а также сократить расход стали на 7-20 % и бетона до 12 % [7, 9]. Кроме того, существует ряд преимуществ такого метода:

во-первых, в отечественном мостостроении нашей страны максимальная длина типовых пролетных строений составляет 33 м, а в настоящее время длина пролетных строений монолитным способом была увеличена до 42 м, впервые с применением бетона

класса В55 (М 750) и арматуры класса К7 с учетом сейсмических условиях Республики Узбекистан;

во-вторых, быстрота возведения. Данный способ позволяет установить опоры очень быстро и перейти к следующему этапу строительства;

в-третьих, надежность. Монолитная железобетонная конструкция, выполненная в точном соответствии с технологией «*post tension*», обладает повышенной прочностью и устойчивостью к самым сильным нагрузкам (рис. 5). Кроме того, применение опорных частей итальянской фирмы «Fip Industriale» [12, 14-17] и деформационные швы немецкой фирмы «Maurer-Sohne» обеспечивает максимальную сейсмозащиту путепровода (рис. 6);

в-четвертых, цена. За счет того, что технологический процесс монолитного строительства достаточно быстр и экономичен в ресурсах, стоимость работ по данной технологии значительно ниже, чем у возможных аналогов. На основании этого можно сказать, что важнейшим резервом снижения стоимости сооружения (монолитным способом) является *постоянное совершенствование технологии производства работ*;

в-пятых, уникальные возможности создание сложных геометрических фигур, т.е. пролетные строения из преднапряженного монолитного железобетона наряду с неоспоримыми техническими и экономическими преимуществами обладают также эстетической привлекательностью. Мосты неразрезной системы могут быть применены в сложных условиях плана и профиля, обычных для городских сооружений.



Рисунок 5. “Post tension” – дальнейшее натяжение

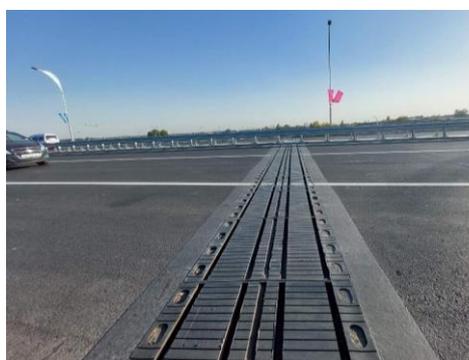


Рисунок 6. Современные мостовые устройства, применяемые в монолитном мостостроении: а – деформационные швы (Maurer-Sohne, Германия);

б – сейсмозащитные опорные части (Fip Industriale, Италия)

Исходя из технико-экономических и эстетических показателей с вышеупомянутыми преимуществами монолитного способа строительства, в современных

тенденциях мостостроения в нашей стране выбран рациональный вариант путепровода *балочно-неразрезной схемы*.

Заключение.

1. Разработана 2 варианта конструкции путепровода с балочно-разрезной и балочно-неразрезной статической схеме. Сравнения варианта путепровода осуществлен по научно-обоснованным технико-экономическим и эстетическим показателям, основанная по теории корреляции, который выбран путепровод балочно-неразрезной (монолитной) схеме.

2. Монолитные конструкции мостов особенно уместны в проектировании и строительстве городских транспортных сооружений, которые не только обеспечивают беспрепятственное перемещение по городу, но и улучшают архитектурно-эстетичных вид городской застройки. Хотел бы особо отметить, что разработка технических решений (проектирование и расчет) монолитных железобетонных мостов и путепроводов является актуальным.

3. Впервые длина пролетных строений монолитным способом была увеличена до 42 м, с применением бетона класса В55 (М 750) и арматуры класса К7 с учетом сейсмических условиях Республики Узбекистан. Кроме того, применение сейсмозащитных опорных частей фирм «Fip Industriale» и деформационные швы «Maurer-Sohne» обеспечивает максимальную сейсмозащиты путепровода.

REFERENCES

1. Шермухамедов У.З., Собирова М.М., Калпенова З.Д., & Аъзамов Н.Ф. (2022). Исследование технико-эксплуатационного состояния городских железобетонных мостов и путепроводов // Журнал “Путевой навигатор”. №52(78). Санкт-Петербург, РФ. – с. 44-51.
2. Шермухамедов У.З., Кадирова Ш.Ш., & Абдуллаев А.Р. (2022). Выбор рациональных вариантов конструкции метро эстакады города Ташкент // Международная научно-практическая конференция «Новые технологии в мостостроении (НТМ - 2022)», 26-27 мая 2022 г. – с.115-121.
3. Шермухамедов У.З., Абдуллаев А.Р., & Тайиров Ш.Ш. (2022) Ўзбекистон Республикасининг регионал шароитларида монолит кўприк ва йўлўтказгичларни лойиҳалаш ва қуриш истиқболлари // “Yosh ilmiy tadqiqotchi” I xalqaro ilmiy-amaliy anjumani, TDTrU, 1-2 Aprel, - 114-116 б.
4. Г.И. Богданов, В.Н. Смирнов. Проектирование железобетонных мостов. Разработка вариантов: учебное пособие / издание 2-е, переработанное и дополненное. – СПб.: ПГУПС, 2012. – 134 с.
5. Н.А. Красин. Определение технико-экономических показателей мостов // Методическое пособие для бакалавров и магистров. ТашИИТ, Ташкент, 2000. – 74 с.
6. С.В. Чирков. Классификация затрат, включаемых в себестоимость продукции // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление, №3. – 2010.– с. 42-47.
7. С.В. Чижов // Монолитное мостостроение: Материалы Междунар. науч. – практ. семинара (2003; СПб.) / ПГУПС. – СПб.: ПГУПС, 2003. - С. 35-37.

8. Е.Б. Шестакова, & Е.В. Казаку. (2022). Оценка эффективности инвестиционных проектов по развитию транспортной инфраструктуры // Журнал “Путевой навигатор”. №52(78). Санкт-Петербург, РФ. – с. 44-51.
9. Шермухамедов У.З., Каримова А.Б., & Абдуллаев А.П. Shahar yo‘l transporti infrastrukturasi rivojlantirishda zamonaviy monolit ko‘priklar va yo‘l o‘tkazgichlarni loyihalash va qurishning o‘ziga xos xususiyatlari // Transportda resurs tejamkor texnologiyalar. Xorijiy olimlari ishtirokidagi respublika ilmiy – texnika anjumani maqolalari, TDTTrU. 2021, 18-19 dekabr. – 210-215 б.
10. С.В Чижов, Ч.С.Раупов, Э.Т.Яхшиев. Содержание и реконструкция мостов // Учебник. Ташкент. Изд. «Complex Print», 2018. –510 с.
11. <https://stroyone.com/bridge/analiz-stroitelstva-zhelezobetonnyx-mostov.html>.
12. www.fip-group.it.
13. Shermuxamedov, U.Z., & Zokirov, F.Z. (2019). Application of modern, effective materials in rail road reinforced bridge elements. Journal of tashkent institute of railway engineers, 15(3), 8-13.
14. U. Shermukhamedov, I. Mirzaev, A. Karimova, & A. Abdullaev. (2022). The influence of the type of rubber-metal bearings on the vibrations of monolithic bridges and overpasses, based on the records of real earthquakes // Proceedings of the Vth Central Asian Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Samarkand 2022. – p. 83-87.
15. U. Shermukhamedov, I. Mirzaev, A. Karimova, & D. Askarova. (2022). Calculation of the stress-strain state of monolithic bridges on the action of real seismic impacts // 1st International Scientific Conference "Modern Materials Science: Topical Issues, Achievements and Innovations" (ISCMMSTIAI-2022), (Tashkent, Mart 4-5, 2022). pp. 314-321.
16. U. Shermukhamedov, A. Karimova, I.Hikmatova and A.Abdullayev. Calculation of monolithic bridges taking into account the seismic conditions of the Republic of Uzbekistan // The international scientific conference “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering – CONMECHYDRO 2022”, August 23-24, 2022.
17. Ch.S. Raupov, A.B. Karimova, F.Z., Zokirov, & Y.T. Khakimova. (2021). Experimental and theoretical assessment of the long-term strength of lightweight concrete and its components under compression and tension, taking into account the macrostructure of the material // “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering” (CONMECHYDRO 2021), April 1-3, 2021 in Tashkent, E3S Web of Conferences 264, 020246 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402024>)