

# ENGINEER



international scientific journal

## SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



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**

**24-april, 2025**



[engineer.tstu.uz](http://engineer.tstu.uz)

**MUHAMMADAMIN KABULOVICH TOHIROVNING TAVALLUDINING  
80 YILLIGIGA BAG'ISHLANGAN  
“SAMARALI QURILISH MATERIALLARI, KONSTRUKSIYALARI VA  
TEXNOLOGIYALARI”  
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI  
ILMIY ISHLARI TO'PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining akademigi, O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan yoshlar murabbiysi, texnika fanlari doktori, professor **Muhammadamin Kabulovich Tohirovning tavalludining 80 yilligiga bag'ishlangan “Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari”** mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya ilmiy ishlari to'plami chop etildi.

Muhammadamin Kabulovich kompozitsion qurilish materiallarining polistrukturaviy nazariyasini rivojlantirishga ulkan hissa qo'shgan olimdir. 1995-yilda Muhammadamin Kabulovich Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining (RAASN) xorijiy a'zosi etib saylangan, bu esa ularning qurilish materialshunosligi sohasiga qo'shgan ilmiy hissasining xalqaro miqyosdagi e'tirofi bo'ldi. Ular o'z ilmiy faoliyati davomida 6 ta monografiya, 200 dan ortiq ilmiy maqola va 25 ta ixtiroga mualliflik guvohnomasi yaratganlar.

Ushbu konferensiyaning asosiy maqsadi – qurilish materialshunosligi, bino va inshootlarni loyihalash hamda qurilish sohasidagi zamonaviy ilmiy tadqiqotlar natijalarini muhokama qilish, shuningdek, muhandislik ta'limini takomillashtirish yo'llarini aniqlashdir.

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.

**“Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari”** mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

- 1. Resurs va quvvatni tejaydigan qurilish materiallari va texnologiyalari** – zamonaviy ekologik va iqtisodiy talablarni qondirishga qaratilgan innovatsion yechimlar.
- 2. Bino va inshootlarning qurilish konstruksiyalari, zamonaviy hisoblash va loyihalash usullari** - muhandislik va texnologik yechimlarni takomillashtirish yo'nalishlari.
- 3. Arxitektura va shaharsozlik** – estetik va funksional jihatlarni uyg'unlashtirgan zamonaviy loyihalar yaratish.
- 4. Zamonaviy muhandislik ta'limi tizimini takomillashtirish** – kelajak mutaxassislarini yuqori malakali darajada tayyorlash uchun ta'lim jarayonini modernizatsiya qilish.

Mazkur konferensiya ilmiy hamjamiyatning turli vakillarini bir joyga jamlab, qurilish materialshunosligi sohasidagi zamonaviy muammolar va istiqbollarni muhokama qilish uchun qulay platforma vazifasini bajardi.

## Deformation characteristics of polypropylene thread (p-1) for synthetic slings

**B.K. Rakhmanov<sup>1</sup>, S.Zh. Razzakov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ferghana State Technical University, Ferghana, Uzbekistan

<sup>2</sup>Namangan State Technical University, Namangan, Uzbekistan

Abstract:

The article presents the deformation characteristics of polymeric materials, in particular, synthetic threads for lifting slings, which are used in rigging. Influence of temperature on the characteristics of deformation and strength properties of synthetic fibers. Relationships between the characteristics of deformation properties and molecular processes occurring in polyolefin threads are revealed. The characteristics of multifilament threads, from which synthetic slings are made, as well as deformation and mechanical characteristics, are given.

Keywords:

rigging, lifting devices, textile slings, synthetic fibers, deformation characteristics, temperature

## Деформационные характеристики полипропиленовой нити (пп-1) для синтетических строп

**Рахманов Б.К.<sup>1</sup>, Раззаков С.Ж.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ферганский государственный технический университет, Фергана, Узбекистан

<sup>2</sup>Наманганский государственный технический университет, Наманган, Узбекистан

Аннотация:

В статье приведены деформационные характеристики полимерных материалов, в частности, синтетических нитей для грузозахватных строп, которые используются в такелажных работах. Влияние температуры на характеристики деформационных и прочностных свойств синтетических волокон. Выявлены взаимосвязи между характеристиками деформационных свойств и молекулярными процессами, протекающими в полиолеиновых нитях. Даны характеристики мультифиламентных нитей, из которых изготавливают синтетические стропы, а также деформационные и механические характеристики.

Ключевые слова:

такелажные работы, грузозахватные приспособления, текстильный строп, синтетические волокна, деформационные характеристики, температура

воздействовать на агрегатное состояние синтетических лент, канатов и составляющих нитей. Для всех синтетических материалов с изменением температуры окружающей среды характерны условные переходы [1]. В таблице 1. показан диапазон характерных температур для различных материалов.

Таблица 1

Диапазон характерных температур для различных материалов

№ п/п	Материал	Т хрупкости (морозостойк ость)	Т°С* рабочая (не более)	Т°С размягчения	Т°С плавления
1	2	3	4	5	6
1	Полиамид	-50	100	170	215
2	Полизэфир	-60	120	225	260
3	Полипропилен	-40	80	140	170
4	Полиэтилен	-70	80	120	150
5	Арамид	-70	80	120	150
6	Высокомолекулярный полиэтилен	-70	250	-	450-500

Не углубляясь в физико-химические свойства и полимерные превращения рассмотрим, как это отразится на готовой текстильной ленте (стропе):

– кристаллическое состояние – при низких температурах строп будет хрупкий и жесткий, пользоваться ей по назначению невозможно;

– нормальное состояние – интервал температур, в которых лента (канат) может нормально эксплуатироваться;

– размягчение – при дальнейшем нагревании строп начинает вытягиваться под нагрузкой, он растянется (как жевательная резинка) и частично или полностью потеряет свои свойства и это будет «точкой не возврата»;

– плавление – если температура продолжает расти, синтетическое вещество начнет плавиться и потом испаряться или разрушаться, тогда это будет тепловая деструкция.



Превышение данных температурных условий сокращает срок службы и снижает эксплуатационные характеристики строп. При этом рабочая температура всегда должна быть ниже температуры размягчения.

В условиях Узбекистана строительство осуществляется в температурных диапазонах от  $-20^{\circ}$  до  $+50^{\circ}$ , при этом различные материалы под прямыми лучами солнца разогреваются до  $70$ – $80^{\circ}\text{C}$ . При интенсивном использовании синтетических текстильных строп с различными соединительными элементами, концевиками, роликами, валами и другими поверхностями соприкосновения следует учитывать данные условия, как действие внешних сил трения [2,3]. Помимо действия внешних сил трения имеет место действие внутренних сил трения – это внутреннее трение волокон друг о друга, возникающее при протяжке канатов [4].

**Литературный анализ.** Многие ученые, занимающиеся исследованием механических свойств полимерных материалов, придавали огромное практическое и теоретическое значение вопросам, связанным с изучением остаточной деформации при растяжении полимерных материалов [5]. Несомненный интерес представляют данные о восстановительных свойствах синтетических волокон и нитей, представленные в известных книгах Г.Н. Кукина, А.Н. Соловьева, А.Н. Коблякова, К.Е. Перепёлкина [6]. Среди синтетических волокон наиболее динамично развивается производство полипропиленовых (ПП) волокон и нитей, которые нашли широкое применение как для изготовителей изделий технического назначения, так и в производстве товаров массового потребления. Это объясняется доступностью исходного сырья, простотой технологии получения волокон, достаточно высокими эксплуатационными

характеристиками изделий, выработанных на основе ПП волокон и нитей [7].

Высокопрочные высокомодульные полипропиленовые нити находят применение в технике и медицине и в строительстве для изготовления стропов, канатов, шнурков, верёвок, рыболовных лесок, хирургических шовных нитей, для армирования эластомеров. Мировое производство указанных в табл. 1. видов химических волокон в 2020 г. по сравнению с 2010 г. возросло на 3,5%. Первое место по производству химических волокон в мире занял Китай - 6,7 млн. тонн, на втором месте США - 4,2 млн. тонн (+ 5,9%), на третьем месте Тайвань - 3,2 млн. тонн.

Задачи, которые решаются в данной части работы, состоят в выявлении взаимосвязи между характеристиками деформационных свойств и молекулярными процессами, протекающими в полиолефиновых нитях. Особое внимание уделено исследованию остаточного компонента деформации, как одной из основных характеристик стабильности размеров материалов после их механического нагружения.

Объектом исследования являлась высококоординированная ПП нить промышленного производства (ПП-1) из марки полипропилена ППФР-173Н и FR-170 Н [7]. Исследования механических свойств и структурных процессов проводились при температурах  $T=20, 50, 80, 100^{\circ}\text{C}$ , находящихся выше температуры стеклования и значительно ниже температуры плавления. Рост усадочных деформаций у этой нити наблюдается при  $T>80^{\circ}\text{C}$ . При  $T=100^{\circ}\text{C}$ ,  $\varepsilon_y \approx 1,5\%$ , тем не менее и при этой температуре проводились исследования деформационных процессов.

Диаграммы растяжения нити ПП-1, полученные при  $V=100$  мм/мин, и  $T=20, 50, 80, 100^{\circ}\text{C}$ , представлены на рис. 7.

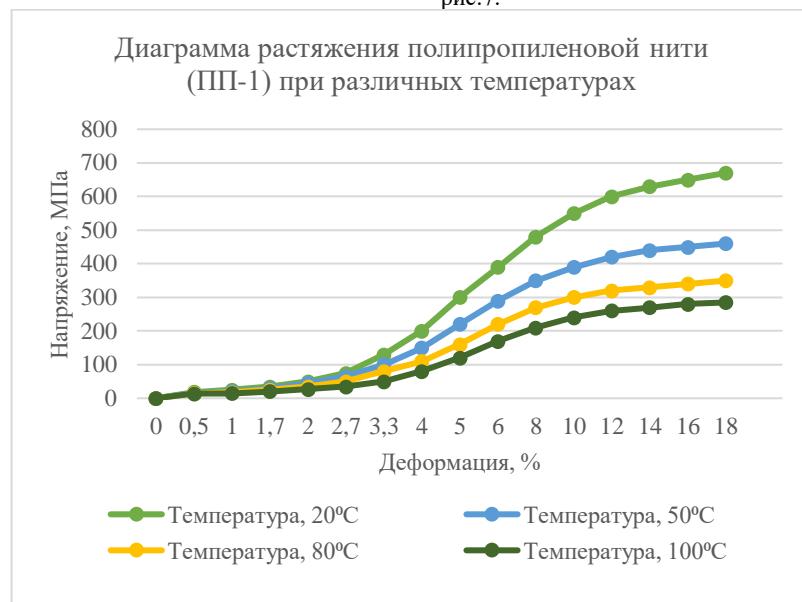


Рис. 1. Диаграммы растяжения полипропиленовой нити (ПП-1) при различных температурах

Было показано, что значительное изменение скорости растяжения (от 0,1 до 500 мм/мин) не вызывает значительного изменения вида этих кривых

– изменения значений деформации и напряжений в указанном диапазоне скоростей составляло не более 5%.

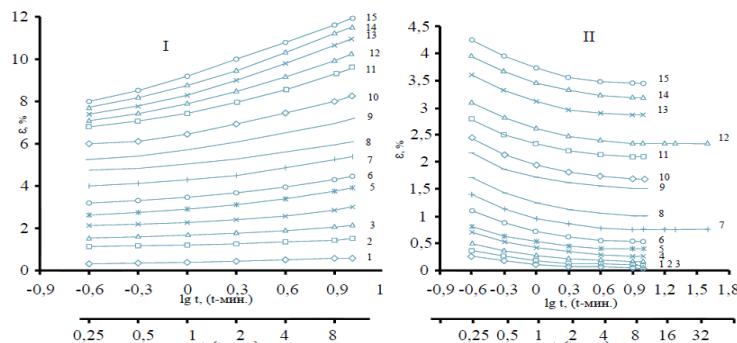
## 2. Методология исследования

Таким образом, в определённом диапазоне скоростей деформирования можно считать кривую растяжения достаточно стабильной характеристикой механических свойств этой нити. Анализ формы кривых  $\sigma(\varepsilon)$  позволяет отметить, что диаграммы растяжения ПП нити состоят из двух участков, граница между которыми находится вблизи  $\varepsilon \approx 4-5\%$ . Для более точного анализа формы этих кривых рассчитывались значения текущего (касательного, тангенциального)  $E(\varepsilon)$  модуля, полученные дифференцированием диаграммы, т.е.  $E(\varepsilon) = \partial \sigma(\varepsilon) / \partial \varepsilon$ .

Процессы ползучести и эластического восстановления нити ПП-1 исследовались в широком диапазоне нагрузок (от малых до предразрывных) при температурах 20, 50, 80, 100°C. Восстановительные процессы проходили при полной разгрузке образцов. Время ползучести и эластического восстановления

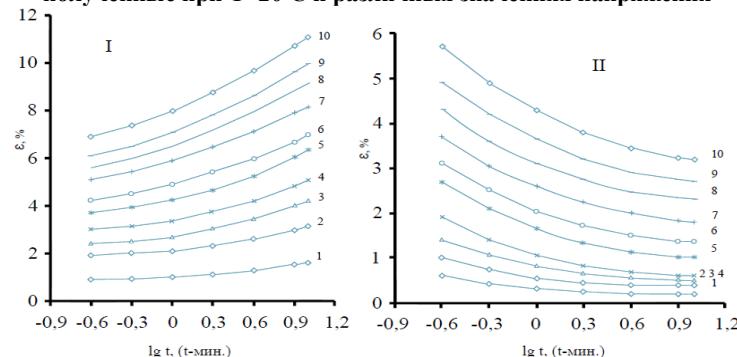
составляло 10 мин. Проводились и более длительные (в течение 2-х часов) эксперименты по эластическому восстановлению. Показано, что скорость процесса восстановления существенно падает во времени, поэтому можно считать, что за время равное 10-ти минутам проходит большая часть этого процесса. Семейства кривых ползучести и эластического восстановления пленочной нити ПП-1 представлены на рис. 2-5 в полулогарифмической системе координат. Интенсивность протекания процесса ползучести существенно зависит от величины приложенной нагрузки, т.е. наблюдается рост скорости процесса ползучести при определенных значениях напряжения [8].

На рис. 2. показаны семейства кривых ползучести (I) и эластического восстановления (II) у полипропиленовой нити (ПП-1), полученные при  $T=20^\circ\text{C}$  и различных значениях напряжения.



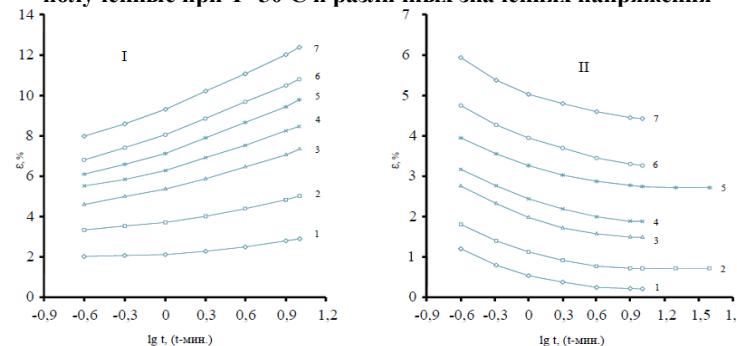
Значения  $\sigma$ , МПа: 24(1); 40(2); 79(3); 95(4); 119(5); 134(6); 159(7); 187(8); 198(9); 214(10); 240(11); 262(12); 278(13); 294(14); 315(15).

Рис. 2. Семейства кривых ползучести (I) и эластического восстановления (II) у полипропиленовой нити (ПП-1), полученные при  $T=20^\circ\text{C}$  и различных значениях напряжения



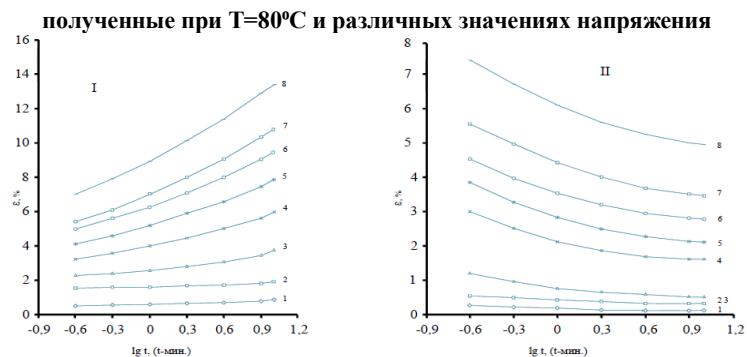
Значения  $\sigma$ , МПа: 24 (1); 40 (2); 56 (3); 63 (4); 79 (5); 95 (6); 100 (7); 119 (8); 134 (9); 154 (10).

Рис. 3. Семейства кривых ползучести (I) и эластического восстановления (II) у полипропиленовой нити (ПП-1), полученные при  $T=50^\circ\text{C}$  и различных значениях напряжения



Значения  $\sigma$ , МПа: 24 (1); 40 (2); 56 (3); 63 (4); 79 (5); 95 (6); 100 (7).

Рис. 4. Семейства кривых ползучести (I) и эластического восстановления (II) у полипропиленовой нити (ПП-1),



Значения  $\sigma$ , Мпа: 7,9 (1); 15,9 (2); 24 (3); 32 (4); 36 (5); 40 (6); 47 (7); 63(8).

Рис. 5. Семейства кривых ползучести (I) и эластического восстановления (II) у полипропиленовой нити (ПП-1), полученные при  $T=100^{\circ}\text{C}$  и различных значениях напряжения

Увеличение нагрузки приводит к появлению достаточно больших остаточных деформаций. Используя семейства кривых ползучести–восстановление, были получены зависимости  $\varepsilon_{\text{ост}}(\sigma)$ , определяющие накопление необратимого компонента деформации в зависимости от приложенного напряжения (рис.6). На этих зависимостях остаточными считались деформации, полученные в конце восстановительного процесса, длившегося 10 минут. Были получены подобные зависимости при длительности восстановительного процесса равной 2 часам. Сравнение зависимостей  $\varepsilon_{\text{ост}}(\sigma)$ , полученных при различных временах восстановления показало, что увеличение длительности этого процесса приводит лишь к незначительному уменьшению значений остаточного компонента и не изменяет характера этой зависимости. При всех температурах на зависимостях  $\varepsilon_{\text{ост}}(\sigma)$ , наблюдается два участка. На первом участке остаточные деформации малы. Превышение определенных (для каждой температуры) граничных значений напряжения  $\sigma_r$  вызывает существенный рост

остаточных деформаций: при  $T=20^{\circ}\text{C}$  значение  $\sigma_r \approx 120$  МПа;  $T=50^{\circ}\text{C}$  –  $\sigma_r \approx 60$  МПа;  $T=80^{\circ}\text{C}$  –  $\sigma_r \approx 35$  МПа;  $T=100^{\circ}\text{C}$  – 22 Мпа. Зависимости  $\varepsilon_{\text{ост}}(\sigma)$ , полученные для разных температур, позволяют определить не только  $\sigma_r$ , но и те значения остаточной деформации ( $\varepsilon_{\text{ост}}^r$ ), превышение которых приводит к интенсивному росту необратимого компонента. Значение  $\varepsilon_{\text{ост}}^r \approx 0,5\%$  не зависит от температуры (рис.6). Итак, даже достаточно малые нагрузки вызывают необратимые процессам в ориентированном ПП, что подтверждается интенсивным ростом остаточного компонента. Для установления взаимосвязи между значениями напряжения и деформации в процессе ползучести использовались изохронные зависимости  $\sigma(\varepsilon_{10})$ , полученные для различных температур из семейства кривых ползучести. На рис. 6. Показана зависимость остаточной деформации от приложенного напряжения у полипропиленовой нити (ПП-1), полученные при различных температурах.

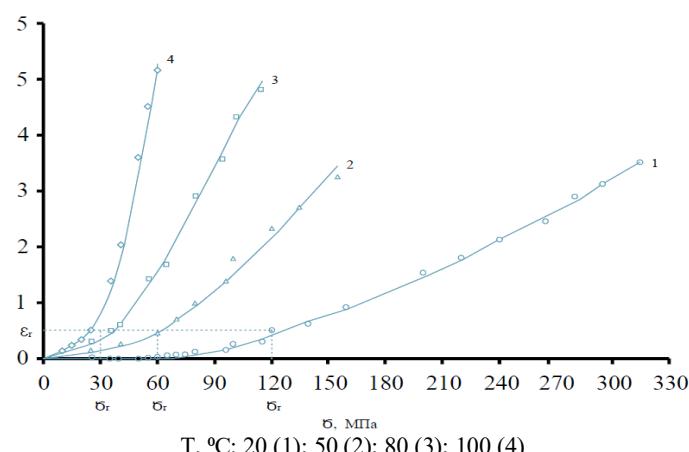


Рис. 6. Зависимости остаточной деформации от приложенного напряжения у полипропиленовой нити (ПП-1), полученные при различных температурах

### 3. Заключение

Таким образом, при температуре  $T=20^{\circ}\text{C}$  практически во всем исследованном диапазоне напряжений (от  $\sigma=24$  МПа до 278 МПа) остаточный компонент в основном складывается из  $\varepsilon_{\text{ост}}^B$ , т.е. является частью «временной» составляющей

ползучести  $\varepsilon_{\text{в}}^I$  только при более высоких нагрузках ( $\sigma = 294$  МПа и 315 МПа) незначительная часть (6÷13%)

необратимого компонента накапливается за малые времена, т.е. входит составляющей в  $\varepsilon_{\text{km}}^I$ . Увеличение температуры не меняет указанную выше тенденцию, т.е. и при повышенных температурах необратимый компонент в основном входит составляющей частью в

высокоэластическую компоненту. Увеличение напряжения приводит к тому, что все большая часть остаточного компонента сосредоточена в  $\varepsilon'_{\text{km}}$ .

## Использованная литература / References

- [1] Рахманов Б.К. Грузозахватные приспособления в строительстве на основе синтетического сырья. Монография. Ташкент. Изд. «Навруз». 2020г.
- [2] Абдуллаев И.Н., Рахманов Б.К. Проблемы производства и применения грузозахватных приспособлений из синтетических лент и канатов в Узбекистане. Подъемно-транспортное дело. Научно-технический, производственно-экономический и информационный журнал. Москва. 2018. № 6. С. 5–7.
- [3] Раззаков С.Ж., Абдуллаев И.Н., Рахманов Б.К. Составные компоненты деформирования и разрушения синтетических тканых лент. Scientific-technical journal. STJ FerPI, T.4, 2021, V.4, №2 pp. 23-28.
- [4] Rakhmanov B.K. Experimental production cargo-handling devices from sunthetic woven tapes. International

Journal of Advance Scientific Research. 2022/7/30. 2 (07), 14-19.

- [5] Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (волокна и нити). / Под редакцией Г.Н. Кукина. М.: Легпромбытиздат. - 1989. - 349 с.
- [6] Перепёлкин К.Е. Структура и свойства волокон. М.: Химия -1985, - 208 с.
- [7] Info@uz.comUGXK
- [8] Пахомов П. М., Шаблыгин М. В., Цобкалло Е. С., Чеголя А. С. Интерпретация кривой растяжения ориентированных полимеров. // Высокомолекулярные соединения. - 1986. - Т. 28А. - № 3. - С. 558-563.

## Информация об авторах/ Information about the authors

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Рахманов<br/>Б.К.</b> | Ферганский государственный<br>технический университет,<br>e-mail:<br><a href="mailto:rahmanovbahodir062@gmail.com">rahmanovbahodir062@gmail.com</a> |
| <b>Раззаков<br/>С.Ж.</b> | Наманганский государственный<br>технический университет<br>e-mail: <a href="mailto:sobirjonrsj@gmail.com">sobirjonrsj@gmail.com</a>                 |

**G. Khalfin**

*A method for calculating the stability of a jointless track using the compression ratio of intermediate rail fasteners Pandrol Fastclip..159*

**A. Bondarenko, K. Lesov, T. Salakhov, M. Kenjaliev**

*Modelling of longitudinal forces in a rail track to assess the stability of a track without joints.....162*

**B. Rakhmanov, S. Razzakov**

*Deformation characteristics of polypropylene thread (p-1) for synthetic slings.....166*

**D. Sharipova, N. Rakhimova**

*Modeling of unsteady heat transfer processes in combined coatings.....171*

**3 section. Architecture and Urban Planning****E. Shchipacheva, N. Umarova**

*Innovative approaches to architectural design of youth centers in the era of information society.....177*

**S. Shaumarov, D. Nurmukhamedova**

*Modern approaches to designing student dormitories: energy efficiency, functionality, and social environment.....185*

**K. Markabaeva**

*Digital technologies in urban planning: a development vector for Uzbekistan.....192*

**E. Urazkhanova**

*Energy efficiency of buildings: world experience and prospects for Uzbekistan.....196*

**Y. Turdibekov**

*Smart city: problems and solutions.....201*

**N. Yuling, G. Liubou**

*Transport route efficiency optimization: a new perspective integrating sustainable development and economic benefits.....206*

**4 section. Improvement of modern engineering education system****K. Makhsimov, A. Marupov**

*Innovative approaches to teaching the “geotechnics” course for future civil engineers.....211*

CONTEXTE / MUNDARIA