

температурного воздействия по сравнению с суммарными напряжениями от других нагрузок на 10% реализуется при ширине каркасов 80÷110 м, а на 15% – при ширине 160÷180 м.

**Заключение.** На основании изложенного материала можно сделать следующие выводы:

1. Разработанная методика позволяет оценивать степень влияния климатической температуры на одноэтажные каркасные здания и сооружения при использовании произвольных размеров температурного блока.
2. Для исследуемых стальных и железобетонных каркасов использование предельно допустимых размеров температурных блоков может привести к существенному росту внутренних усилий и / или перемещений. Это может существенно снизить надежность конструкций.
3. Несмотря на то, что полученные в ходе исследования результаты справедливы только для рассмотренных конструкций, вывод о существенном влиянии климатической температуры на напряженно-деформированное состояние стальных и железобетонных каркасов имеет общий характер.
4. Так как при проектировании с использованием современных программных комплексов существует возможность достаточно просто учесть воздействие климатической температуры, рекомендуется рассмотреть возможность отказа от традиционного понятия температурного блока и всегда выполнять расчеты аналогичных каркасов по пространственной схеме с учетом температурных нагрузок.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нормы проектирования. Стальные конструкции: СНиП II-23-81\*. – Москва: ЦИТП, 1988. – 96 с.

2. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.6.2-98:2009. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
3. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу: ДБН В.2.6-163:2010. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 202 с.
4. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84) / ЦНИИПромзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР. – Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 192 с.
5. Нормы проектирования. Стальные конструкции: СНиП II-23-81\*. – Москва: ЦИТП, 2011. – 172 с.
6. BS EN 1992-1-1:2004 – Design of concrete structures. General rules and rules for buildings.
7. Пушкар, Н.В. Нормативні методики визначення температурних впливів на несучі будівельні конструкції / Н.В. Пушкар, В.В. Пашинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 49. Частина 1. – Одеса: ОДАБА, 2013. – С. 275–281.
8. Пушкар, Н.В. Влияние температуры замыкания на НДС стальных каркасов зданий / Н.В. Пушкар, В.В. Пашинский // Сборник материалов XIV Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии». – Тула: ТГУ, 2013. – С. 102–103.
9. Пашинський, В.В. Температурні кліматичні впливи на несучі конструкції будівель і споруд: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01: захищена 03.11.2015 / Пашинський Віктор Вікторович. – Одеса, 2015. – 206 с.
10. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. / Н. Джонсон, Ф. Лион; пер с англ. – Москва: Мир, 1977. – 610 с.
11. Прогини і переміщення. Вимоги проектування: ДСТУ Б В.1.2-3:2006. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 15 с.

Материал поступил в редакцию 26.04.2017

#### **PUSHKAR N.V., PASHYNSKYI V. V. The influence of temperature changes on stress-strain state of steel and reinforced concrete frames**

The results of a study of the effect of climatic temperature changes on the stress-strain state of elements of load-bearing structures of one-storey buildings are presented, depending on their dimensions (length, width and height). Frameworks were modeled in the Robot Structural Analysis Professional software environment, 9 pieces each for reinforced concrete and steel structures. As a result of the numerical experiment, the values of the forces and displacements in the frame elements are obtained, and three-dimensional images that allow to accurately set the size of the temperature block are constructed depending on the maximum possible value of the monitored parameters.

УДК 625.012

**Ахмедов К.М.**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ И СПОСОБОВ УЛУЧШЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ**

**Введение.** Азербайджанская Республика является лидером среди стран СНГ по темпам экономического роста. Доля транспортных услуг в общем объеме ВВП составляет 6 %. В современных условиях развития экономики главной задачей является приведение сети международных автомобильных дорог в соответствии с ростом интенсивности дорожного движения, повышением нагрузки на ось и с потребностями государства.

Существующие дороги в стране сформированы в 1965–1990 годы. Вначале они были запроектированы для движения автомобилей с нагрузкой на ось равной 6 т, а впоследствии, в 90-е годы, с нагрузкой 10 т. Современный тяжеловесный транспорт с нагрузкой на ось – 13 т разрушает дороги. Около 80 % дорог в Азербайджанской Республике требуют усиления дорожной одежды.

**Исследование температурных режимов.** Жаркий климат Азербайджанской Республики вызывает пластические деформации в асфальтобетоне, приводящие к колебанию, в связи с этим необходимо использовать более вязкие битумы.

Результаты исследований являются актуальными в связи с тем, что если до 1997 года темпы ежегодного роста интенсивности движения на дорогах I-III категорий составляли 3...4 %, то в настоящее время они возросли и достигли на дорогах II-III категорий 10...12 % (в отдельные годы до 15...18 %), а на дорогах I категории – 20...25 %. Существенно поменялась и структура транспортного потока, в составе потока до 20...25 % автомобильного транспорта составляют автопоезда.

Учитывая, что трещины в дорожных покрытиях присутствуют во всех географических зонах страны, как в жарком, так и в холодном климате были выбраны опытные участки в разных климатических регионах. Большое колебание температур ночью и днем, летом и зимой усиливает старение вяжущего и способствует трещинообразованию. В свою очередь возрастающие транспортные нагрузки еще больше способствуют распространению трещин и приводит к образованию выбоин.

На возникновение дефектов в дорожных одеждах отражается не только повышение нагрузки на ось, но также конструкция самого автомобиля. Известно, что расстояние между осями автомобиля сказыва-

**Ахмедов К.М., к.т.н. Азербайджанской Республики.**

*Строительство и архитектура*

ется на возникновении остаточных деформаций в покрытии дорожной одежды (рис. 1). Это связано с тем, что воздействие второй пары сдвоенной оси автомобиля или прицепа усиливает эффект образования деформаций, которые, при снятии нагрузки, полностью не восстанавливаются. Это ведет к накоплению остаточных деформаций и, как результат, образованию колеи, возникновению трещины и разрушению покрытия. Сокращение расстояния между осями до 1 м приводит к увеличению прогиба дорожного покрытия до 35 % (таблица 1).

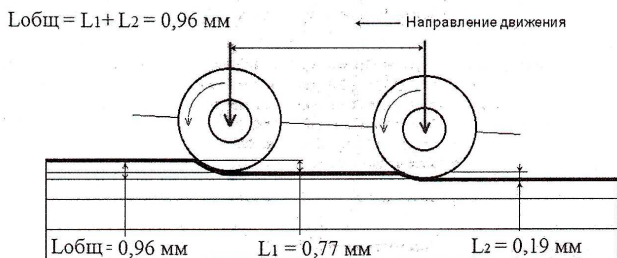


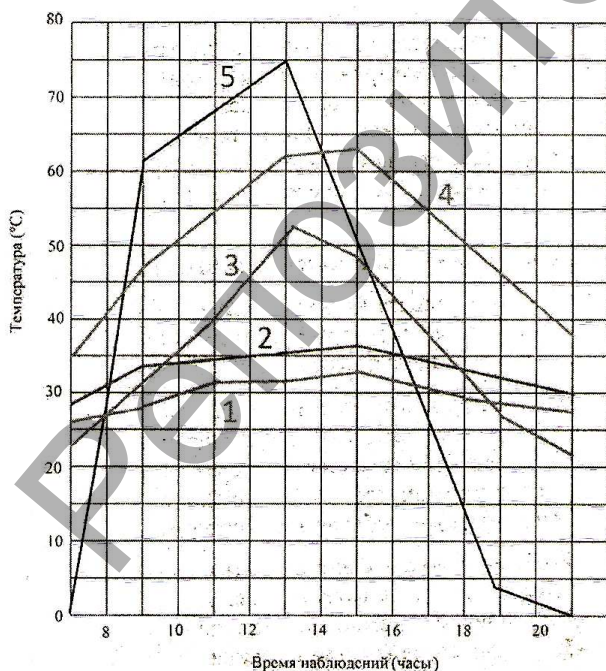
Рисунок 1 – Схема воздействия сдвоенной оси автомобиля на возникновение упругих деформаций

Чтобы изучить совместное влияние силового воздействия колеса автомобиля и погодноклиматических факторов на автомобильные дороги, были проанализированы данные 80 метеостанций расположенных на высоте от минус 24 м до плюс 4170 м над уровнем моря. Проанализированы результаты температуры воздуха и количества осадков на северо-восточных склонах Большого и Малого Кавказа.

Таблица 1 – Увеличение прогиба покрытия в зависимости от расстояния между сдвоенными осями

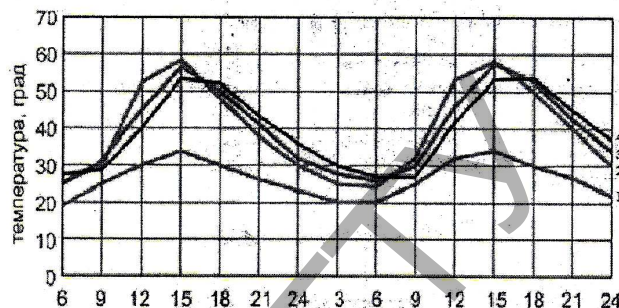
Расстояние между сдвоенными осями	До 1 м	1,0...1,3 м	1,3...1,8 м	Свыше 1,8 м
Увеличение прогиба, %	35	25	15	10

Анализ температуры воздушных масс на различных высотах от поверхности покрытия свидетельствует о том, что в 13...15 часов температура покрытия достигает +61°C при температуре воздуха +31°C, причем, амплитуда колебания температуры воздуха существенно отличается от амплитуды нагревания покрытия (рис. 2).



1 – температура воздуха над поверхностью асфальтобетона на высоте 1,8 м; 2 – тоже на высоте 0,1 м; 3 – температура на поверхности почвы; 4 – температура асфальтобетонного покрытия; 5 – солнечная радиация  
Рисунок 2 – Изменение температуры с 7 утра до 21 часа

На высоте 1,8 м от поверхности покрытия температура воздуха составляет +31°C, а на высоте 10 см от покрытия +35°C. Это объясняется тем, что на нагревание асфальтобетонного покрытия идет только часть солнечной энергии.



1 – воздуха; 2 – на поверхности покрытия; 3 – на глубине 1 см под покрытием; 4 – на глубине 3 см

Рисунок 3 – Распространение тепла под асфальтобетонным покрытием

Амплитуда колебаний температуры асфальтобетонного покрытия существенно отличается аналогичного показателя наружного воздуха (рис. 3).

На основании проведенного мониторинга по температурным показателям получены данные, характеризующие распределение температур в течение годового цикла (рис. 4).

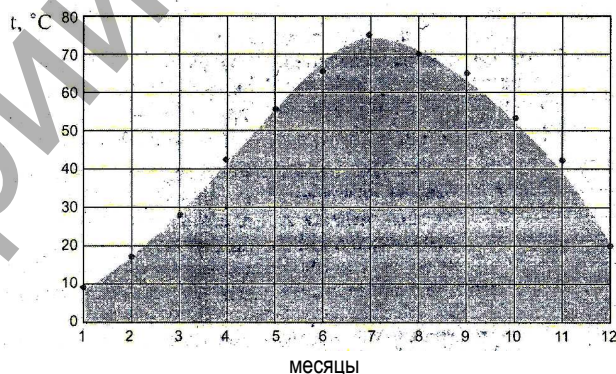


Рисунок 4 – Температура асфальтобетонного покрытия в течение года

Проведенные исследования позволили применить при расчете тепловых параметров покрытий автомобильных дорог следующие температурные режимы:

а) I зона с расчетной температурой +75°C. Эта зона отличается жарким климатом с засухами и суховеями, а также продолжительной сухой осенью;

б) II зона с расчетной температурой +60°C. Для этой зоны характерно быстрое нарастание температур в летнее время года, увеличение продолжительности безморозного периода и преобладания испарения над осадками;

в) III зона с расчетной температурой +50°C. Эта зона охватывает горные районы республики со сравнительно влажным летом, холодной зимой и с большим количеством температурных переходов через 0°C в зимний период.

Проведенные расчеты показывают, что расчетная температура асфальтобетонного покрытия, например, для Баку составляет 62°C. При этой температуре покрытия работают в течение 22 дней, а в Кюрдамире, Евлахе, Нахичеване температура асфальтобетонных покрытий достигает 70°C.

Таким образом, на основании проведенных исследований выбор высокой расчетной температуры асфальтобетонных покрытий будет способствовать повышению сдвигоустойчивости покрытия при высоких температурах, а при низких температурах принятию мер по повышению трещиностойкости.

Таблица 2 – Применение модификаторов битума и щебеночно-мастичного асфальтобетона на опытных участках

Опытные участки	Название автомобильной дороги	Полимерный битум, %		ЦМА, %		Верхний слой, %
		Кратон	Элвалой	Полимер битум	Виатол	
1	Реконструкция автомобильной дороги Азизбековский круг–Международный аэропорт Гейдар Алиев–пос. Бильгях	3,80	1,45	5,80	0,25	-
2	Строительство автомобильной дороги пос. Бильгях-Сумгаит км 0,00+14,00+42,00	3,80	1,45	5,80	0,25	-
3	Реконструкция автомобильной дороги пос. Бузовна-Мардакян-Гала	3,80	1,45	5,80	0,25	-
4	Капитальный ремонт дороги к Площади Государственного Флага по автомагистрали Баку-Алят-Газах-Грузия км 2,00+4,00	3,80	1,45	5,80	0,25	-
5	Реконструкция автомобильной дороги Габала-Агдаш км 0,00+22,00	-	1,45	-	-	5,50
6	Строительство автомобильной дороги Баку кольцевая км 14,00+21,50	2,80	-	-	0,30	5,50
7	Реконструкция дороги Аджикабул-Кюрдамир	3,60	-	-	0,22	5,50

Таблица 3 – Классификация битумосодержащих пород месторождений Азербайджана

Классификация битумосодержащих пород	Условия залегания		Составляющие битумосодержащей породы							
	Мощность полезного слоя, м	Мощность вскрыши, м	Минеральной		Органической (природного битума)					
			Минералогический состав, %	Модуль крупности	Содержание в породе, % массы	Температура размягчения по ЕИШ, °С	Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	Условная вязкость, с	Кислотное число, мгКОН/г	Степень ароматичности, С/Н
I гр.	Не более 50	Менее 8	SiO <sub>2</sub> -87-90 MgO, CaO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -3-10	<1,0	10-25	<35	-	30-500	9-14	<7,5
II гр.	Не более 25	Менее 12	SiO <sub>2</sub> -50-80 MgO, CaO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -20-50	>1,0	10-18	35-90	<130	-	17-27 и более	>8,0

**Повышение свойств асфальтобетонных покрытий.** Для повышения прочностных свойств асфальтобетонных покрытий, повышению стойкости к действию природно-климатических факторов, увеличения срока службы конструкций нежестких дорожных одежд улучшали качество битума путем добавления в него различных добавок (таблица 2).

Битум для исследований применялся из 16 месторождений четырех основных нефтеносных областей страны с общим запасом около 0,6 млрд. тонн. Результаты исследований показали, что природные битумы характеризуются жидкой, жидко-вязкой и вязкой консистенцией. Степень ароматичности, определяемая отношением С/Н, достаточно высока и колеблется в пределах 7,1...8,6, что свидетельствует о достаточно высокой концентрации молекул в битумах. Природные битумы содержат различное количество активных функциональных групп. Кислотные числа этих битумов превышают на несколько порядков аналогичный показатель для нефтяных битумов, что свидетельствует о их значительной реакционной способности. Значения кислотного числа свидетельствуют о высокоанионной активности природных битумов, которая может усилить диффузию воды в битум, что может привести к снижению водостойкости смесей, приготовленных на основе этих смесей. Обработка и систематизация результатов исследований свойств битумосодержащих пород позволили разработать классификацию битумосодержащих пород (таблица 3).

В классификационные признаки включены данные состава и свойств составляющих битумосодержащей породы (минеральной части и природного битума):

- термостойкость, характеризуемая температурой размягчения по КИШ, °С;

- консистенция, характеризуемая глубиной проникания иглы при 25°С, 0,1 мм;
- вязкость, характеризуемая условной вязкостью при 60°С по визкозиметру с отверстием 5 мм;
- кислотное число, характеризующее анионную активность битума, мгКОН/г;
- степень ароматичности, характеризующая конденсацию молекул в битуме. С/Н;
- содержание природного битума в породе, % массы;
- минералогический состав и крупность (модуль крупности).

В результате проведенных исследований можно заключить, что применение битумосодержащих пород в горячих асфальтобетонных смесях совместно с применением структурирующих добавок позволяет существенно улучшить эксплуатационные свойства дорожных покрытий. В результате установлены режимы смешения компонентов, включая и вводимые добавки, и разработан регламент по приготовлению асфальтобетонной смеси с улучшенными прочностными показателями. Асфальтобетонные смеси с гранулометрическим составом, содержащим около 40 % битумосодержащей породы и 2,3...3 % комплексной структурирующей добавки, составленной из смеси темной нефтеполимерной смолы и нефтяного вязкого битума в соотношении от 1:1 до 3:1 отвечает требованиям стандарта на горячие асфальтобетонные смеси I-III марок. Высокие показатели тепло- и водостойкости асфальтобетона на основе битумосодержащих пород и комплексной структурирующей добавки позволили рекомендовать этот материал для устройства покрытий на дорогах высоких категорий в условиях жаркого климата Азербайджана.

Материал поступил в редакцию 13.01.2017

Influence of power influence of a wheel of the car and weather and climatic factors on an operational condition of highways is studied. Experimental data about heating of air masses over a road carpet, and also distribution of temperature in layers of road clothes are presented. Classification the bitumosoderzhashchikh of breeds is developed. Rezultata of probes on improvement of properties of asphalt concrete mixtures by use of polymeric additives are presented.

УДК 625.85

Оев С.А., Куприянчик А.А.

## ВЛИЯНИЕ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА СДВИГОУСТОЙЧИВОСТЬ И ВОДОСТОЙКОСТЬ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

**Введение.** Сдвигустойчивость асфальтобетонных покрытий определяется пределом прочности на сдвиг верхнего слоя, степенью его сцепления с нижним слоем и общей прочностью на сдвиг перекрываемых слоев покрытия [1]. При возникновении касательных усилий от колес автомобильного транспорта на поверхности покрытия, напряжение возникает прежде всего в верхнем слое, затем при высоком граничном сцеплении эти напряжения передаются на нижний слой.

Практика эксплуатации грузонапряженных автомобильных дорог показала, что наиболее перспективно использовать ЩМА поверх цементобетонного покрытия. При этом нижний слой обладает более высокой прочностью при сдвиге, чем укладываемый новый слой, который защищает цементобетон от коррозии. Поэтому для обеспечения сдвигустойчивости всей конструкции должно быть уделено внимание прежде всего сдвигустойчивости верхнего слоя асфальтобетонного покрытия и прочности его сцепления с нижним слоем.

В последнее время для верхних слоев дорожных покрытий используют ЩМА, который имеет в своем составе волокнистую добавку. Нами предлагается в качестве добавки использовать микрокристаллическую целлюлозу. Микрокристаллическая целлюлоза представляет собой низкомолекулярный тип целлюлозы [2]. Основой МКЦ является хлопковая целлюлоза, получаемая из низкосортного тонковолокнистого и средневолокнистого хлопкового сырья. Характеристики МКЦ: средний размер кристаллов целлюлозы 80–100 мкм; зольность – 0,08–0,1%; насыпной вес – 1,495–1,515 г/см<sup>3</sup>.

Важнейшим свойством ЩМА, предопределяющим долговечность этого материала, является устойчивость его структуры в условиях изменяющегося влажностного и температурного режимов [3]. В наших предыдущих исследованиях [4] получены предварительные положительные результаты по применению добавки микрокристаллической целлюлозы в составе ЩМА с целью увеличения прочности асфальтобетона. Установлено, что введение в состав асфальтобетонной смеси незначительного количества МКЦ (0,25–0,35 мас.%) существенно повышает прочностные характеристики ЩМА в сравнение с традиционными добавками TOPCEL, VIATOR. В настоящей работе приводятся данные по результатам исследования сдвигустойчивости и водостойкости ЩМА.

**Определение сдвигустойчивости.** Для испытания асфальтобетона на сдвигустойчивость были изготовлены образцы из ЩМА с добавкой МКЦ. Полученные результаты сравнивались с показателями образцов асфальтобетона, содержащих добавку TOPCEL, а также асфальтобетона типа А.

Для оценки сдвигустойчивости ЩМА были определены максимальные нагрузки и соответствующие предельные деформации стандартных образцов при двух деформированных состояниях: при одноосном сжатии и при сжатии по схеме Маршала.

Результаты исследования ЩМА с добавками и асфальтобетона типа А приведены в таблице 1.

Коэффициент внутреннего трения щебеночно-мастичного асфальтобетона с добавкой МКЦ на 14,5% выше, чем у асфальтобе-

тонной смеси типа А и на одном уровне со ЩМА с добавкой TOPCEL. Асфальтобетон с максимальным показателем внутреннего трения обладает повышенной прочностью на сдвиг при высоких летних температурах, а также большой теплостойкостью.

Таблица 1 – Сдвиговые характеристики ЩМА

Свойства	ЩМА с добавками		асфальтобетон тип А
	МКЦ	TOPCEL	
Коэффициент внутреннего трения	0,93	0,92	0,76
Сцепление при сдвиге, МПа	0,47	0,45	0,35

Известно, что на сдвигустойчивость асфальтобетона влияет сцепление, обуславливаемое степенью взаимодействия минеральных материалов с битумом. Сцепление при сдвиге при температуре 50 °С у образцов ЩМА с добавкой МКЦ на 23,4% выше, чем у асфальтобетона типа А и несколько выше, чем при добавке TOPCEL.

Как было указано выше, сдвигустойчивость покрытия из ЩМА зависит от сцепления с нижним слоем. Оценку сдвигустойчивости щебеночно-мастичного покрытия и его сцепление в зоне контакта с нижележащими слоями в лабораторных условиях проводили на модернизированном стандартном сдвиговом приборе. Испытывались образцы из ЩМА цилиндрической формы диаметром 7,0 см и высотой 3,0 см, уложенные на цементобетон такого же диаметра. Способ изготовления образцов имитировал технологию строительства покрытий с укладкой ЩМА на затвердевший цементобетон.

Для изучения кинетики изменения адгезионной прочности производили формовку ЩМА на цементобетонное основание. Нанесение слоя покрытия на затвердевший цементобетон проводили в следующей технологической последовательности. Образец цементобетона укладывали в металлическую форму, засыпали сверху смесью ЩМА и формовали на гидравлическом прессе под нагрузкой 40 МПа. Температура ЩМА составляла 160 °С.

Испытание на сдвиг составленных образцов (ЩМА + цементобетон) производили при температурах 0, +20, +50 и +75 °С (см. рис. 1).

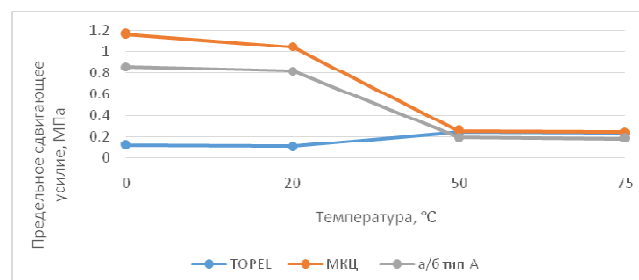


Рисунок 1 – График зависимости предельного сдвигающего усилия от температуры

Оев С.А., аспирант (ТГУ, Республика Таджикистан).

Куприянчик А.А., доцент, к.т.н. Белорусского национального технического университета.