



ТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕЖИМЫ ПРОИЗВОДСТВА И УПЛОТНЯЕМОСТИ АСФАЛЬТОПОЛИМЕРБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С КОМПЛЕКСНО-МОДИФИЦИРОВАННОЙ СТРУКТУРОЙ

В. И. Братчун¹, В. Л. Беспалов², Д. В. Гуляк³, О. Н. Нарижная⁴, В. В. Горяинов⁵

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.

E-mail: ¹bratv09@yandex.ru, ²bespalowvit@yandex.ru, ³guldenis@yandex.ru, ⁴plastmass55@mail.ru,

⁴vladislavgoryainov@yandex.ua

Получена 15 марта 2019; принята 24 мая 2019.

Аннотация. Асфальтополимерсеробетонные смеси с комплексно-модифицированной микроструктурой отличаются повышенной удобоукладываемостью и уплотняемостью в более широком диапазоне температур (60...130 °С) по сравнению с традиционными горячими асфальтобетонными смесями. Этому способствуют тиксотропные свойства модифицированного асфальтовязующего вещества, более развитые адсорбционно-сольватные слои битумополимерсерного вяжущего на поверхности минеральных материалов и более пологая температурновязкостная зависимость асфальтовязующего вещества. Комплексная модификация микро-, мезо- и макроструктуры асфальтобетонных смесей этиленглицидилакрилатом позволяет значительно расширить температурные интервалы укладки и уплотнения бетонных смесей на органических вяжущих, а значит продлить строительный сезон и увеличить дальность перевозки смесей, повысить долговечность жестких дорожных одежд.

Ключевые слова: комплексно-модифицированная этиленглицидилакрилатом асфальтополимербетонная смесь, температура производства смесей, температурный интервал уплотняемости.

ТЕМПЕРАТУРНІ РЕЖИМИ ВИРОБНИЦТВА І ЩІЛЬНОСТІ АСФАЛЬТОПОЛІМЕРБЕТОННИХ СУМІШЕЙ З КОМПЛЕКСНО- МОДИФІКОВАНОЮ СТРУКТУРОЮ

В. І. Братчун¹, В. Л. Беспалов², Д. В. Гуляк³, О. М. Наріжна⁴, В. В. Горіянов⁵

ДОН ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,

2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 286123.

E-mail: ¹bratv09@yandex.ru, ²bespalowvit@yandex.ru, ³guldenis@yandex.ru, ⁴plastmass55@mail.ru,

⁴vladislavgoryainov@yandex.ua

Отримана 15 березня 2019; прийнята 24 травень 2019.

Анотація. Асфальтополімерсіробетонні суміші з комплексно-модифікованою мікроструктурою відрізняються підвищеною зручноукладальністю і щільністю в більш широкому діапазоні температур (60...130 °С) в порівнянні з традиційними гарячими асфальтобетонними сумішами. Цьому сприяють тиксотропні властивості модифікованої асфальтов'язучої речовини, більш розвинені адсорбційно-сольватні шари бітумополімерсіркового в'язучого на поверхні мінеральних матеріалів і більш полого температурнов'язкісна залежність асфальтов'язучої речовини. Комплексна модифікація мікро-, мезо- і макроструктури асфальтобетонних сумішей етиленгліцидилакрилатом дозволяє значно розширити температурні інтервали укладання і ущільнення бетонних сумішей на органічних в'язучих, а значить продовжити будівельний сезон і збільшити дальність перевезення сумішей, підвищити довговічність нежорстких дорожніх одягів.

Ключові слова: комплексно-модифікована етиленгліцидилакрилатом асфальтополімербетонна суміш, температура виробництва сумішей, температурний інтервал щільності.

TEMPERATURE CONDITIONS OF PRODUCTION AND COMPACTIBILITY OF ASPHALT-POLYMER CONCRETE MIXTURES WITH A COMPLEX-MODIFIED STRUCTURE

Valeriy Bratchun¹, Vitaliy Bespalov², Denis Gulyak³, Olga Narygnaya⁴,
Vladislav Goryainov⁵

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 286123.

E-mail: ¹bratv09@yandex.ru, ²bespalovvit@yandex.ru, ³guldenis@yandex.ru, ⁴plastmass55@mail.ru,

⁵vladislavgoryainov@yandex.ua

Received 15 March 2019; accepted 24 May 2019.

Abstract. Asphalt polymer mixtures with a complex-modified microstructure are distinguished by increased workability and compaction in a wider temperature range (60...130 °C) compared to traditional hot asphalt concrete mixtures. This is facilitated by the thixotropic properties of the modified asphalt binder, the more developed adsorption-solvate layers of bitumen-polymer binder on the surface of mineral materials, and the flatter temperature and viscosity dependence of the asphalt binder. Complex modification of micro-, meso- and macrostructure of asphalt-concrete mixtures with ethylene glycidyl acrylate allows to significantly extend the temperature intervals of laying and compaction of concrete mixtures with organic binders, and thus extend the construction season and increase the range of mixtures, increase the durability of non-rigid pavements.

Keywords: complex-modified ethylene glycidyl acrylate asphalt-polymer-concrete mixture, temperature of mixture production, temperature range of compactibility.

Введение

Одним из эффективных дорожно-строительных материалов является комплексно-модифицированный асфальтополимербетон, содержащий в своем составе нефтяной дорожный битум, модифицированный 2 % мас. этиленглицидиакрилата и полифосфорной кислотой ПФК-105 (0,2 % мас.); а минеральные материалы поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидиакрилата [1]. В то же время оптимальные температурные режимы производства комплексно-модифицированных асфальтобетонных смесей, укладки и уплотнения в конструктивные слои нежестких дорожных одежд не изучены.

Экспериментальные исследования

Центральной операцией при формировании структуры асфальтополимербетона является перемешивание отдозированных материалов, так как свойства комплексно-модифицированного асфальтополимербетона определяются энергией связей, возникающих между отдельными полидисперсными поверхностно-активированными

частицами минеральных материалов, которые в свою очередь зависят от процессов взаимодействия активированных минеральных материалов и модифицированного нефтяного дорожного битума на их общей поверхности раздела фаз. Равномерность и полнота покрытия поверхностно-активированных минеральных материалов адсорбционно-сольватными слоями битумополимерного вяжущего является функцией хорошего смачивания и определяется прежде всего молекулярно-поверхностными свойствами органического вяжущего. Известно, что наиболее эффективно процессы смачивания и адсорбционного взаимодействия органических вяжущих и минеральных материалов происходят при температурах, которым соответствует вязкость органических вяжущих $\eta \leq 0,5$ Па·с. Если же органические вяжущие имеют вязкость $\eta > 0,5$ Па·с, то смачивание будет происходить весьма замедленно и полного покрытия поверхности частиц минеральных материалов не произойдет. Это приводит в процессе эксплуатации к снижению коррозионной стойкости асфальтобетонного покрытия.

В настоящей работе в качестве критерия оптимальной температуры объединения поверхностно-активированных этиленглицидилакрилатом (0,7 % мас.) минеральных материалов и нефтяного дорожного битума, модифицированного этиленглицидилакрилатом (2,0 % мас.) в комбинации с полифосфорной кислотой ПФК-105 (0,2 % мас.), принят коэффициент однородности асфальтобетонной смеси, характеризующий коэффициентом вариации содержания ключевого компонента смеси, в качестве которого принята фракция песка $d = 2,50-1,25$ мм, а также энергоемкость процесса производства асфальтобетонных смесей.

С этой целью приготавливали модифицированные этиленглицидилакрилатом асфальтобетонные смеси массой 5 кг в лабораторной мешалке в течение 5 минут при температурах 145, 155, 165 °С. Из разных мест замеса отбирали шесть проб (300 граммов каждая) и определяли состав смесей с помощью выжигания органического вяжущего (ДСТУ Б В. 2.7-89). Отбирали фракцию 2,50...1,25 мм, взвешивали ее и определяли коэффициент вариации K_v содержания фракции – 2,50...1,25 мм.

$$K_v = \frac{S}{\bar{X}}, \quad (1)$$

где S – среднее квадратичное отклонение содержания ключевой фракции от среднего значения (\bar{X}).

При температуре производства модифицированной асфальтобетонной смеси 145 °С получены значения массы содержания фракции – 2,50...1,25 мм на сите 1,25 мм (г): 35,6; 33,4; 38,2; 37,8; 36,6; 34,1,

тогда $\bar{X} = 36$ (г); $S = 4,44$; $K_v = 12,3$ %.

При температуре производства модифицированной асфальтобетонной смеси 155 °С получены значения массы содержания фракции – 2,50...1,25 мм на сите 1,25 мм (г): 34,7; 38,3; 36,2; 37,4; 38,0; 35,7,

тогда $\bar{X} = 36,7$ (г); $S = 1,998$; $K_v = 5,3$ %.

При температуре производства модифицированной этиленглицидилакрилатом асфальтобетонной смеси 165 °С получены следующие значения массы содержания фракции – 2,50...1,25 мм на сите 1,25 мм (г): 38,4; 35,6; 34,4; 37,8; 36,2; 38,2, тогда $\bar{X} = 36,8$ (г); $S = 1,61$; $K_v = 4,4$ %.

Таким образом, при температурах производства асфальтобетонных смесей 155 и 165 °С, модифицированных этиленглицидилакрилатом, достигается нормативная однородность (рисунок 1). В то же время коэффициент вариации содержания ключевого компонента в смеси, приготовленной при 145 °С, составляет 12,3 %, что значительно выше нормативного значения $K_v \leq 7$ % (рисунок 1).

Энергоемкость производства модифицированных этиленглицидилакрилатом асфальтобетонных смесей, определенная для замеса массой 1 000 кг при начальной температуре $T_n = 20$ °С, при температуре 165 °С значительно выше, чем при 155 °С.

$$Q = m_{\text{м.м.}} \cdot C_{\text{м.м.}} (T_1 - T_0) + m_{\text{б.п.}} \cdot C_{\text{б.п.}} (T_1 - T_0), \quad (2)$$

где $m_{\text{м.м.}}$ – масса минерального материала – 1 000 кг;

$m_{\text{б.п.}}$ – масса битумополимерного материала – 61 кг;

$C_{\text{м.м.}}$ и $C_{\text{б.п.}}$ – удельная теплоемкость минеральных материалов и битумополимерного вяжущего соответственно.

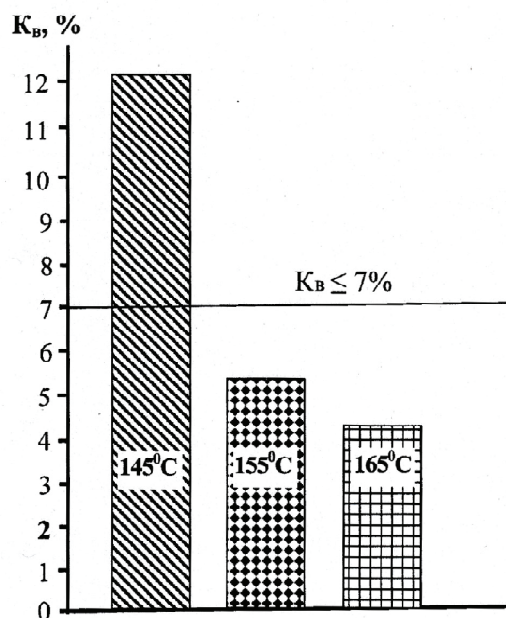


Рисунок 1. Зависимость коэффициента вариации K_v содержания ключевого компонента модифицированной этиленглицидилакрилатом асфальтобетонной смеси фракции – $d = 2,50...1,25$ мм от температуры производства.

$$C_{\text{м.м.}} = 0,75 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C};$$

$$C_{\text{о.в.}} = 1,9 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}.$$

При температуре производства 155°C

$$Q_1 = 1\,000 \cdot 0,75(155 - 20) + 61 \cdot 1,9(155 - 20) =$$

$$= 101\,250 + 15\,646,5 = 116\,896,5 \text{ кДж}.$$

При температуре производства 165°C

$$Q_1 = 1\,000 \cdot 0,75(165 - 20) + 61 \cdot 1,9(165 - 20) =$$

$$= 108\,750 + 16\,805,5 = 125\,555,5 \text{ кДж}.$$

Разница в энергии производства составляет

$$Q = 125\,555,5 - 116\,896,5 = 8\,659 \text{ кДж}.$$

Завершающей стадией структурообразования бетонных смесей на органических вяжущих на этапе технологической переработки является укладка и уплотнение ее в конструктивных слоях дорожной одежды. Уплотнение асфальтобетонных смесей при строительстве и ремонте нежестких дорожных одежд является фактически ключевой технологической операцией с учетом прочности, устойчивости, надежности и долговечности асфальтобетонных автомобильных дорог. Даже незначительное недоуплотнение приводит к значительному снижению прочности и долговечности асфальтобетонного покрытия (таблица 1, рисунок 2) [6].

Приготовленная бетонная смесь на органических вяжущих представляет рыхлую массу. После укладки в слой покрытия (до уплотнения) смесь имеет среднюю плотность около $1\,800 \text{ кг/м}^3$. Если допустить, что истинная плотность асфальтобетона – $2\,480 \text{ кг/м}^3$, то можно рассчитать прирост плотности (уменьшение пористости) асфальтобетонной смеси в процессе уплотнения.

$$V^{\text{Ду}} = \left(1 - \frac{1\,800}{2\,480}\right) \cdot 100 = 23,34 \%. \quad (3)$$

$$V^{\text{Пу}} = \left(1 - \frac{2\,350}{2\,480}\right) \cdot 100 = 5,2 \%. \quad (4)$$

Уплотнение уменьшает пористость асфальтобетона ($V^{\text{Ду}} - V^{\text{Пу}}$ – разность пористостей до и после уплотнения) на 18,14 %.

Таким образом, уплотнение является чрезвычайно важной стадией при формировании структуры и свойств асфальтобетона. Недоуплотнение является причиной образования колеиности и наплывов летом, интенсивного разрушения (шелушение и выкрашивание) под действием воды и попеременного замораживания-оттаивания.

Для достижения запроектированной плотности бетонов на органических вяжущих необходимо расположить его минеральные зерна таким образом, чтобы расстояния между ними приближались к толщине слоя структурированного органического вяжущего. Это требует пространственного перемещения зерен, которого можно достичь в том случае, если уплотняющие катки создают в слое соответствующие нормальные и касательные напряжения [7–12].

Пространственному перемещению зерен один относительно другого препятствует зацепление зерен одно за другое, а также сопротивление пленок битума выдавливанию из зон контакта. Можно предположить, что уплотнение будет эффективным, когда

$$\sigma_{\text{упл}} > \sigma_3 + \sigma_6, \quad (5)$$

где $\sigma_{\text{упл}}$ – уплотняющее напряжение;

σ_3 – сопротивление зерен перемещению;

σ_6 – сопротивление пленок выдавливанию.

Сопротивлению зерен перемещению в полной мере отвечает зависимость, подобная закону Кулона.

$$\sigma_3 = p \cdot \operatorname{tg} \varphi + c, \quad (6)$$

где φ – угол трения в асфальтобетонной смеси;

c – зацепление (когезия) структурированного битума;

p – вертикальное давление.

Сопротивление слоев битума выдавливанию описывают формулой, подобной закону Ньютона:

$$\sigma_6 = \eta \cdot \dot{\epsilon}, \quad (7)$$

где $\dot{\epsilon}$ – скорость выдавливания битума из зазора между минеральными зернами.

Таблица 1. Недоуплотнение асфальтобетонного покрытия

Коэффициент уплотнения	0,95	0,97	0,98	0,99	1,0	1,01
Изменение предела прочности при сжатии, %	55–60	75	88	100	110	122
Изменение долговечности	40–45	70	85	100	112	125

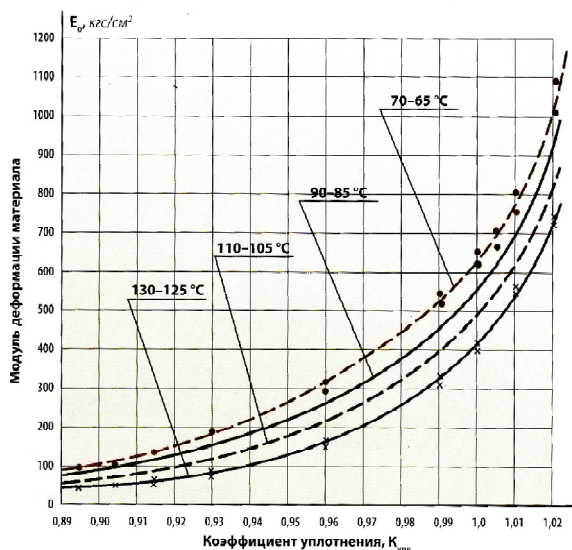


Рисунок 2. Влияние коэффициента уплотнения $K_{упл}$ и температуры T многощелевистой асфальтобетонной смеси на модуль деформации асфальтобетона E_0 .

Тогда условие уплотнения бетонных смесей на органических вяжущих имеет вид:

$$\sigma_{упл} > \eta + p \operatorname{tg} \varphi + c. \quad (8)$$

Данные по изучению уплотняемости асфальтобетонных смесей с комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой (рисунок 3) показывают, что по мере увеличения температуры смесей их уплотняемость повышается.

Диапазон температур уплотнения для комплексно-модифицированных бетонных смесей на модифицированном асфальтополимерсерном вяжущем веществе составляет 60...130 °C (индекс 2) и 50...150 °C $\rho_0 = f(T)$ для асфальтобетонной смеси, модифицированной этиленглидицилакрилатом (индекс 3), 90...130 °C для традиционной горячей асфальтобетонной смеси (индекс 1) соответствует наиболее компактному размещению частиц минерального остова (рисунок 3).

Асфальтополимербетонная смесь с комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой (индекс состава 3, рисунок 3) имеет

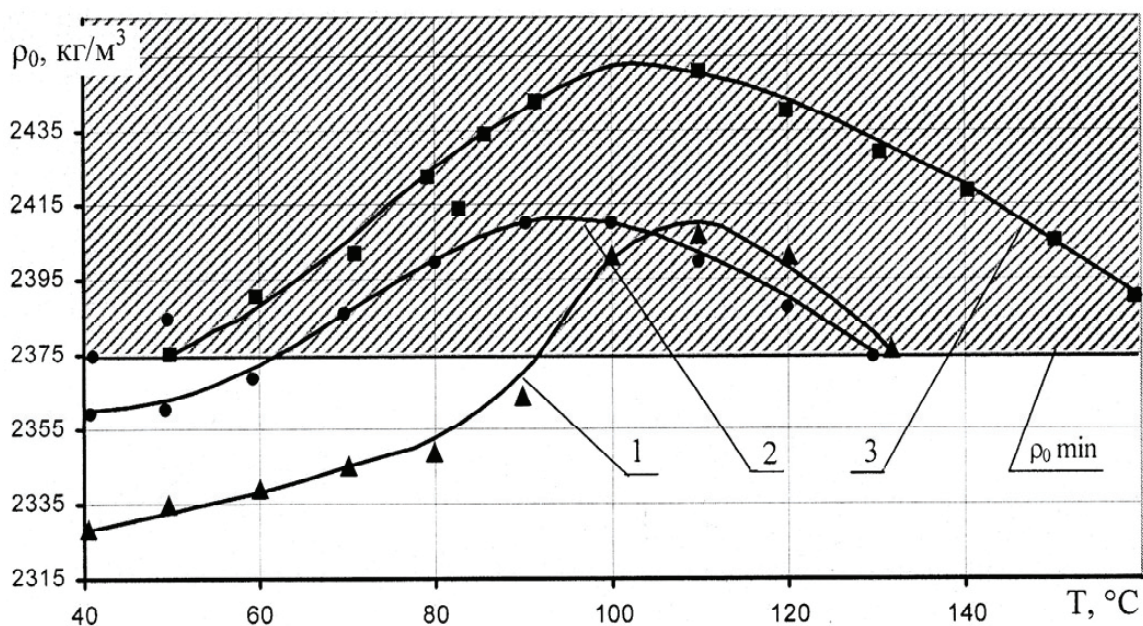


Рисунок 3. Зависимость средней плотности мелкозернистого асфальтобетона (тип Б) (ρ_0) от температуры (T): 1 – асфальтобетонная смесь, приготовленная на битуме БНД 40/60 $P_{25} = 59,0,1$ мм; 2 – асфальтополимерсеробетонная смесь, в которой битум БНД 40/60 $P_{25} = 59,0,1$ мм модифицирован бутадиенметилстирольным каучуком СКМС-30 (2 % мас.) и технической серой (30 % мас.), а минеральный порошок, поверхностно-активированный СКМС-30 (0,5 % мас.); 3 – асфальтобетонная смесь, в которой битум БНД 60/90 $P_{25} = 75,0,1$ мм модифицирован этиленглидицилакрилатом (2,0 % мас.) в комбинации с полифосфорной кислотой ПФК-105 (0,2 % мас.), минеральные материалы, поверхностно-активированные этиленглидицилакрилатом (0,7 % мас.).

температурный интервал нормативной уплотняемости 50...150 °С.

Следовательно, подготовленная для укладки асфальтобетонная смесь с комплексно-модифицированной структурой (индекс 3) должна иметь температуру 140...155 °С. Уплотнение асфальтобетонных смесей с комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой необходимо вести в интервале температур 70...140 °С. Процесс уплотнения модифицированных этиленглидицилакрилатом асфальтобетонных смесей менее энергоемкий, чем традиционных горячих асфальтобетонных смесей (ДСТУ Б В.2.7-119:2011) (таблицы 2–4, рисунки 4–5).

Так, средний расход энергии на приращение единицы плотности модифицированных асфальтобетонных смесей при 110 и 120 °С составляет 0,79 и 0,81 Дж·м³/кг соответственно, а для традиционных асфальтобетонных смесей 1,27 Дж·м³/кг (таблица 5).

Характерно, что при температуре уплотнения 150 °С модифицированных асфальтобетонных смесей удельная работа, затраченная на уплотнение составляет 1,28 Дж·м³/кг (таблица 5).

Таблица 2. Уплотняемость комплексно-модифицированной этиленглидицилакрилатом асфальтобетонной смеси при температуре 110 °С

№ п/п	Сила, F, Н	Деформация, Δl , мм
1.	500	5,0
2.	1 000	6,5
3.	1 500	8,0
4.	2 000	9,5
5.	2 500	9,7
6.	3 000	10,3
7.	3 500	10,7
8.	4 000	11,0
9.	4 500	11,3
10.	5 000	11,5
11.	5 500	11,6
12.	6 000	11,9
13.	6 500	12,1
14.	7 000	12,3
15.	7 500	12,5
16.	8 000	12,6
17.	8 500	12,8
18.	9 000	13,1
19.	9 500	13,3
20.	10 000	13,5
21.	10 500	13,7
22.	11 000	13,8
23.	11 500	13,9
24.	12 000	14,1

Таблица 3. Уплотняемость комплексно-модифицированной этиленглидицилакрилатом асфальтобетонной смеси при температуре 120 °С

№ п/п	Сила, F, Н	Деформация, Δl , мм
1.	500	2,2
2.	1 000	3,5
3.	1 500	4,0
4.	2 000	4,5
5.	2 500	5,5
6.	3 000	5,8
7.	3 500	6,3
8.	4 000	7,0
9.	4 500	7,7
10.	5 000	8,1
11.	5 500	8,5
12.	6 000	9,5
13.	6 500	9,9
14.	7 000	10,2
15.	7 500	11,0
16.	8 000	11,5
17.	8 500	11,7
18.	9 000	12,1
19.	9 500	12,3
20.	10 000	12,6
21.	10 500	12,7
22.	11 000	13,1
23.	11 500	13,6
24.	12 000	13,8

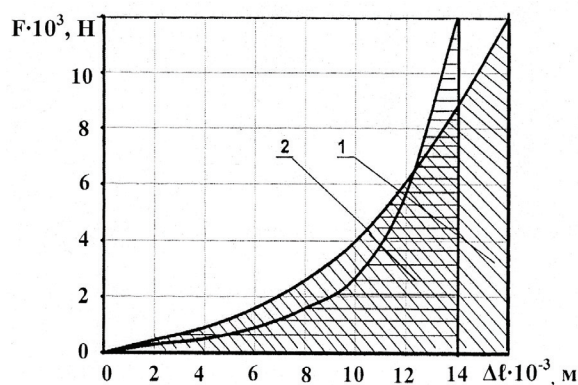
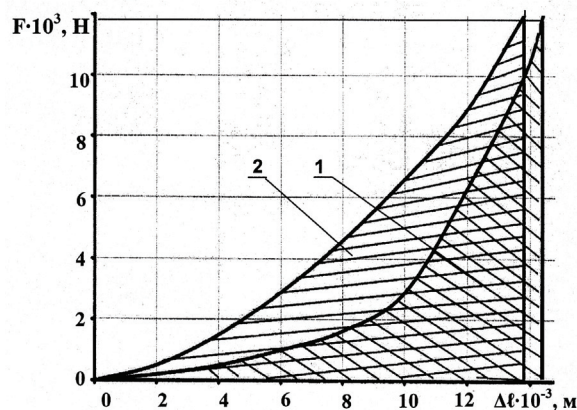


Рисунок 4. Диаграмма уплотнения асфальтобетонной смеси типа Б, отличающейся составом: 1 – приготовлена на битуме БНД 40/60 ($\Pi_{25} = 59,0,1$ мм), минеральный порошок известняковый неактивирован (температура уплотнения 110 °С); 2 – приготовлена на битуме БНД 60/90 ($\Pi_{25} = 75,0,1$ мм), который модифицирован 2,0 % мас. этиленглидицилакрилата в комбинации с 0,2 % мас. полифосфорной кислоты ПФК-105; минеральные материалы, поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглидицилакрилата (температура уплотнения 110 °С).

Таблица 4. Уплотняемость комплексно-модифицированной этиленглицидиакрилатом асфальтобетонной смеси при температуре 150 °С

№ п/п	Сила, F, Н	Деформация, Δl , мм
1.	500	4,0
2.	1 000	6,5
3.	1 500	9,0
4.	2 000	9,3
5.	2 500	9,7
6.	3 000	10,1
7.	3 500	10,4
8.	4 000	10,7
9.	4 500	11,0
10.	5 000	11,2
11.	5 500	11,4
12.	6 000	11,6
13.	6 500	11,8
14.	7 000	12,0
15.	7 500	12,1
16.	8 000	12,4
17.	8 500	12,8
18.	9 000	13,0
19.	9 500	13,1
20.	10 000	13,4
21.	10 500	13,6
22.	11 000	13,7
23.	11 500	13,7
24.	12 000	14,4

**Рисунок 5.** Диаграмма уплотнения модифицированной мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа Б, содержащей поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидиакрилата, минеральные материалы и битум БНД 60/90 ($P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм), модифицированный 2,0 % мас. этиленглицидиакрилата в комплексе с 0,2 % мас. полифосфорной кислоты ПФК-105: 1 – температура уплотнения 120 °С; 2 – температура уплотнения 150 °С.**Таблица 5.** Свойства асфальтобетонных смесей при уплотнении

№ п/п	Состав асфальтобетонной смеси	Работа, затраченная на уплотнение, А, Дж	Приращение средней плотности бетона, $\Delta \rho_0^6$, кг / м ³	Коэффициент уплотнения, K_y , $\frac{\text{Дж} \cdot \text{м}^3}{\text{кг}}$
1	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 40/60 ($P_{25} = 59 \cdot 0,1$ мм); минеральный порошок – известняковый неактивирован (температура уплотнения 110 °С).	647	509	1,27
2	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 60/90 ($P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм), который модифицирован 2,0 % мас. этиленглицидиакрилата в комбинации с 0,2 % мас. полифосфорной кислоты ПФК-105; минеральные материалы, поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидиакрилата (температура уплотнения 110 °С).	420	533	0,79
3	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 60/90 ($P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм), который модифицирован 2,0 % мас. этиленглицидиакрилата в комбинации с 0,2 % мас. полифосфорной кислоты ПФК-105; минеральные материалы, поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидиакрилата (температура уплотнения 120 °С).	450	541	0,83
4	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 60/90 ($P_{25} = 75 \cdot 0,1$ мм), который модифицирован 2,0 % мас. этиленглицидиакрилата в комбинации с 0,2 % мас. полифосфорной кислоты ПФК-105; минеральные материалы, поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидиакрилата (температура уплотнения 150 °С).	677	529	1,28

Таким образом, наиболее целесообразно исходя из минимальной энергоемкости процесса уплотнения модифицированных этиленглицидиакрилатом асфальтобетонных смесей вести в температурном интервале 70...130 °С.

Вывод

Комплексная модификация микро-, мезо- и макроструктуры асфальтобетонных смесей этиленглицидиакрилатом позволяет значительно

расширить температурные интервалы укладки и уплотнения бетонных смесей на органических вяжущих, а значит продлить строительный сезон и увеличить дальность перевозки смесей, повысить долговечность нежестких дорожных одежд.

Литература

1. Прогрессивные технологии капитального ремонта дорожных одежд [Текст] / В. В. Мозговой, А. Е. Мерзликин, Л. А. Мозговая [и др.] // Дорожная техника : Каталог-справочник. – СПб. : «ООО Славутич», 2007. – С. 126–139.
2. Золотарев, В. А. Долговечность дорожного асфальтобетона [Текст] / В. А. Золотарев. – Харьков : «Вища школа», изд-во при Харьк. ун-те, 1977. – 116 с.
3. Руденский, А. В. Дорожные асфальтобетонные покрытия [Текст] / А. В. Руденский. – М. : Транспорт, 1992. – 254 с.
4. Fitzgerald, J. E. Nonlinear characterization at sand-asphalt concrete by means of permanent-memory norms [Text] / J. E. Fitzgerald, J. Vakili // *Experimental Mechanics*. 1973. Vol. 13. Issue 12. P. 50–510.
5. Gershkoff, D. R. Influence des caractéristiques du asphalteroulé exécuté à chaud [Text] / D. R. Gershkoff // *Congrs Euraspalt et Eurobitume E. E. – Strasbourg*. – 1996. – P. 5–150.
6. Костельов, М. П. Чем и как уплотнять асфальтобетон в покрытиях при смене его типа, состояния и толщины слоя. Каталог – справочник «Дорожная техника и технологии (ДТТ)» [Текст] / М. П. Костельов, Д. В. Пахаренко. – СПб. : ИД «Славутич», 2007. – С. 70–85.
7. Золотарев, В. А. Уплотнение асфальтобетонных смесей с повышенным содержанием щебня [Текст] / В. А. Золотарев // *Автомобильные дороги*. 1968. № 7. С. 13–14.
8. Королев, И. В. Дорожный теплый асфальтобетон [Текст] / И. В. Королев, Е. Н. Агеева, В. А. Головкин, Г. Р. Фоменко. – К. : Вища шк., 1981. – 200 с.
9. Anderson, D. Programme SHRD. Méthodes d'essai et spécification des liants [Text] / D. Anderson // *Revue Général des Routeset desaerodromes*. 1994. № 714. P. 49–52.

Reference

1. Progressive technologies of overhaul of road clothing [Text] / V. V. Mozgova, A. E. Merzlikin, L. A. Mozgovaya [et al.] // *Road technique: Catalog reference*. – SPb. : Slavutich LLC, 2007. – P. 126–139. (in Russian)
2. Zolotarev, V. A. The durability of road asphalt concrete [Text] / A. V. Zolotarev. Kharkiv : «Higher school», edition of Kharkov. Un-that, 1977.–116 p. (in Russian)
3. Rudensky, A. V. Road pavement coverings [Text] / A. V. Rudensky. – M. : Transport, 1992.–254 p. (in Russian)
4. Fitzgerald, J. E. Nonlinear characterization at sand-asphalt concrete by means of permanent-memory norms [Text] / J. E. Fitzgerald, J. Vakili // In: *Experimental Mechanics*. 1973. Vol. 13. Issue 12. P. 504–510.
5. Gershkoff, D. R. Influence des caractéristiques du asphalte roulé exécuté à chaud [Text] / D. R. Gershkoff // *Congrs Euraspalt et Euroditume E. E. – Strasbourg*. – 1996. – P. 5–150.
6. Kostelev, M. P. What and how to consolidate asphalt concrete in coatings when changing its type, condition and thickness of the layer. Directory – Directory «Road Technology and Technology (DTT)» / M. P. Kostelev, D. V. Paharenko. – SPb. : ID«Slavutich», 2007. – P. 70–85. (in Russian)
7. Zolotarev, V. A. Sealing of asphalt mixes with high content of crushed stone [Text] / V. A. Zolotarev // *Roads*. 1968. № 7. P. 13–14. (in Russian)
8. Korolev, I. V. Road warm asphalt concrete [Text] / I. V. Korolev, E. N. Agaev, V. A. Golovko, G. R. Fomenko. – K. : Higher School, 1981. – 200 p. (in Russian)
9. Anderson, D. Programme SHRD. Méthodes d'essai et spécification des liants [Text] / D. Anderson // In: *Revue Général des Routeset desaerodromes*. 1994. № 714. P. 49–52.

10. Ramsamooj, D. V. Fatigue cracking of asphalt pavements [Text] / D. V. Ramsamooj // *Transp. Res. Rec.*, 1980. № 756. P. 43–48.
11. Novak, J. Revêtements avec liants hydrocarbonés modifiés aux polymères pour routes à grand débit [Text] / J. Novak // *Route et trafic*. 1979. Vol. 65. № 10. P. 384–388.
12. Technique Concepts of Paving Concrete Designing at the Organic Binding Agents of Elevated Longevity / [Vitaliy Bepalov, Valeriy Bratchun, Mikhail Pakter, Helen Samoylova, Marsel Garifulin] // *International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities, SPbUCEME-2015*. – *Procedia Engineering*. 2015. – № 117. – P. 945–952.
10. Ramsamooj, D. V. Fatigue cracking of asphalt pavements [Text] / D. V. Ramsamooj // In: *Transp. Res. Rec.*, 1980. № 756. P. 43–48.
11. Novak, J. Revêtements avec liants hydrocarbonés modifiés aux polymères pour routes à grand débit [Text] / J. Novak // In: *Route et trafic*. 1979. Vol. 65. № 10. P. 384–388.
12. Technique Concepts of Paving Concrete Designing at the Organic Binding Agents of Elevated Longevity / [Vitaliy Bepalov, Valeriy Bratchun, Mikhail Pakter, Helen Samoylova, Marsel Garifulin] // In: *International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities, SPbUCEME-2015*. – *Procedia Engineering*. 2015. – № 117. – P. 945–952.

Братчун Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химическая механика технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицированных органических вяжущих и комплексного модифицирования структуры бетонов; разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Беспалов Виталий Леонидович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: синтез органических вяжущих для производства композиционных дорожно-строительных материалов, используемых при строительстве конструктивных слоев нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной долговечности.

Гуляк Денис Вячеславович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологических и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Нарижная Ольга Николаевна – кандидат химических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химические и аналитические исследования синтетических смол и полимерных материалов.

Горяинов Владислав Витальевич – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Братчун Валерій Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікованих органічних в'язучих і комплексного модифікування структури бетонів; розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Беспалов Віталій Леонідович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: синтез органічних в'язучих для виробництва композиційних дорожньо-будівельних матеріалів, які використовуються при будівництві конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг підвищеної довговічності.

Гуляк Денис В'ячеславович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорсткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

Наріжна Ольга Миколаївна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічні й аналітичні дослідження синтетичних смол і полімерних матеріалів.

Горяинов Владислав Віталійович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Bratchun Valeriy – D. Sc. (Eng.), Professor; the Head of the Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: physical and chemical mechanics of technological and lasting road concretes for building of structural layers of non-rigid road coats on the basis of modification of organic astringent and complex microstructure modification of concretes; elaboration of effective technologies of processing of technogenous raw material in to the components of compositional materials.

Bespalov Vitaliy – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: Synthesis of organic astringent for a production road-build materials of compositions, used for building of structural layers of non-rigid traveling clothes of highways of the promoted longevity.

Gulyak Denis – Ph. D (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: receipts of technological and lasting travelling concretes for building of structural layers of non-rigid traveling clothes on the basis of retrofitting of organic astringent.

Narygnaya Olga – Ph. D. (Chem.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: physical and chemical and analytical researches of synthetic resins and polymeric materials.

Goryainov Vladislav – Master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientifics interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.