

УДК 628.856

ПРИМЕНЕНИЕ ТОРФА В АСФАЛЬТОБЕТОНЕ

APPLICATION OF PEAT
IN ASPHALT CONCRETE

В статье рассматривается применение торфа как эффективной стабилизирующей и активирующей добавки для асфальтобетона.

The article deals with peat, as an effective stabilizing and activating additive for asphalt concrete.

ВВЕДЕНИЕ

Торф широко распространен в Беларуси среди большого разнообразия извлекаемых природных ресурсов. Он отличается сложностью своего состава, который представлен широким классом органических соединений (битумов, углеводов, гуминовых веществ, целлюлозы). Торф как многофункциональный сырьевой источник представляет большой интерес для различных отраслей промышленности и народного хозяйства. На территории Республики Беларусь выявлено 9186 торфяных месторождений с первоначальными запасами торфа 5,65 млрд тонн [1, 2].

На дату 01.12.1992 г. торфяные ресурсы Республики Беларусь оценивались в 4,2 млрд т. При этом около 35% всех запасов торфа находится в неиспользуемом фонде, т. е. торфяные месторождения не разрабатываются и не осушаются. Непосредственно в разработке находится около 6% от всех запасов [3].

Благодаря уникальным свойствам торфа возможно его применение в дорожном строительстве. Исследования показали, что он эффективно может использоваться в качестве стабилизирующей добавки для ЦМА [4]. Является также актуальной возможность применения торфа в асфальтобетоне как активирующей добавки с целью увеличения прочности адгезионной связи в системе «битум – минеральный заполнитель».

Европейский опыт свидетельствует, что применение во многих странах щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей (ЩМС) со стабилизи-

Я.Н. Ковалев,

доктор технических наук, профессор кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

С.С. Будниченко,

аспирант, ассистент кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

рующей добавкой в виде гранулированных целлюлозных волокон подтвердило свою высокую эффективность при их использовании в качестве дорожных покрытий. Отмечается повышенная коррозионная стойкость и сдвигоустойчивость материала при высоких температурах. В качестве стабилизирующей добавки в настоящее время применяют импортное целлюлозное волокно («TECHNOCEL», «ANTROCEL-P») или гранулы на его основе («VIATOR», «TOPCEL», «ANTROCEL-G»), что увеличивает стоимость ЩМС по сравнению с обычной смесью на 10%-15%.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТОРФА В КАЧЕСТВЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ И ЭФФЕКТИВНОЙ АКТИВИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ

Для подтверждения возможности использования торфа в качестве стабилизирующей и активирующей добавки в асфальтобетон были поставлены задачи:

1) оценить реологическое поведение асфальто-вяжущего вещества (битум+минеральный порошок) с различными стабилизирующими добавками, включая торф, что позволит судить об их влиянии на структуру и реологические свойства щебеночно-мастичных асфальтобетонов;

2) выполнить сравнение результатов испытаний щебеночно-мастичных асфальтобетонов, приготовленных с использованием традиционной и торфяной стабилизирующих добавок;

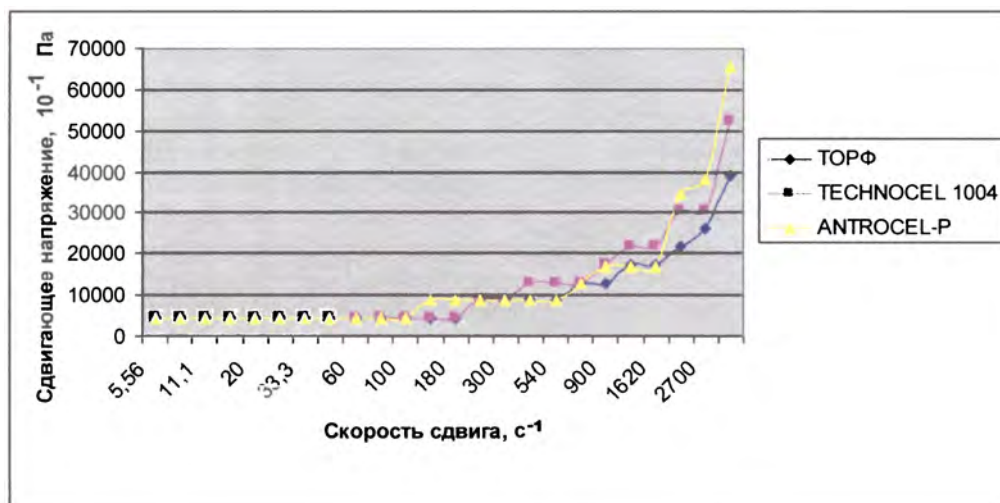
3) провести оценку влияния продуктов термического распада торфяной крошки на адгезионные свойства обрабатываемого минерального материала с битумом и на физико-механические характеристики асфальтобетона.

Реологические исследования проводились на ротационном вискозиметре «Реотест-2», принцип которого основан на измерении вязкости

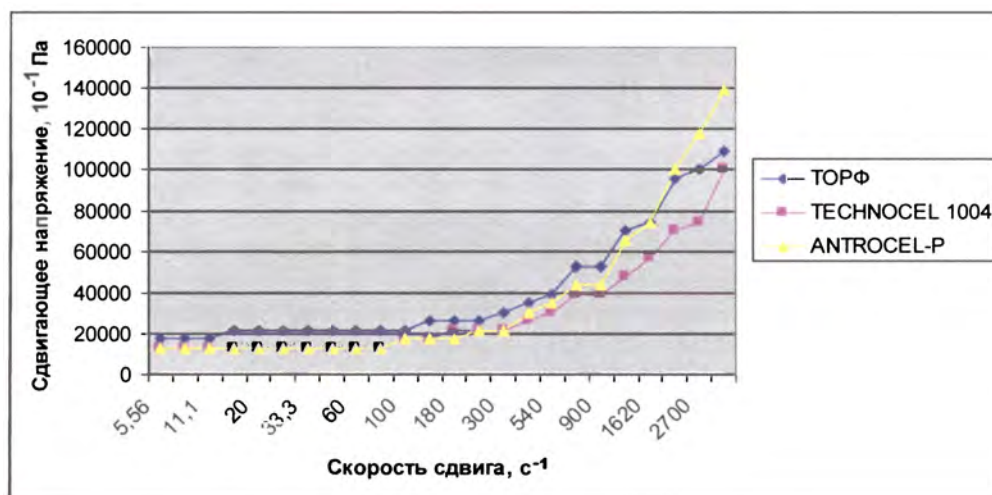
материала, помещенного между соосными поверхностями и подвергнутого сдвигу. Исследование структурно-реологических характеристик проводилось на образцах битума с добавлением минерального порошка в соотношении 1:2 (при $T = 100^{\circ}\text{C}$ и $T = 130^{\circ}\text{C}$) и 2% стабилизирующей добавки. Результаты испытаний приведены на рисунках 1 и 2.

Как видно из приведенных на рисунках 1 и 2 данных, введение в битум минерального порошка, а также введение в систему «битум + минеральный порошок» образцов целлюлозы приводит к значительному увеличению условного статического предела упругости, характеризующего когезионную прочность материала. Образцы асфальто вяжущего с содержанием альтернативной

а)



б)



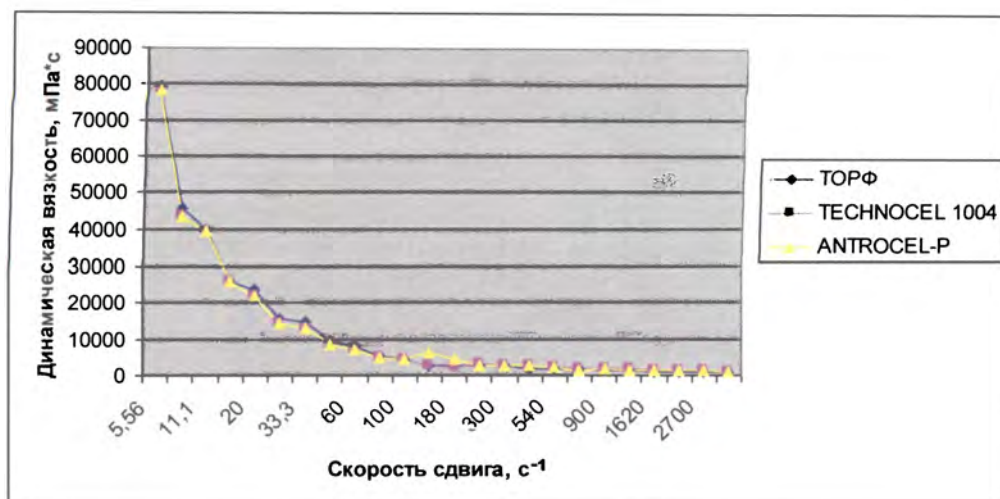
битум : минеральный порошок = 1:2 с 2% «TECHNOCEL 1004», с 2% «ANTROCEL-P», с 2% добавки «ТОРФ» при:
а) $T=100^{\circ}\text{C}$, б) $T=130^{\circ}\text{C}$

Рисунок 1 - Реологические кривые течения асфальто вяжущего

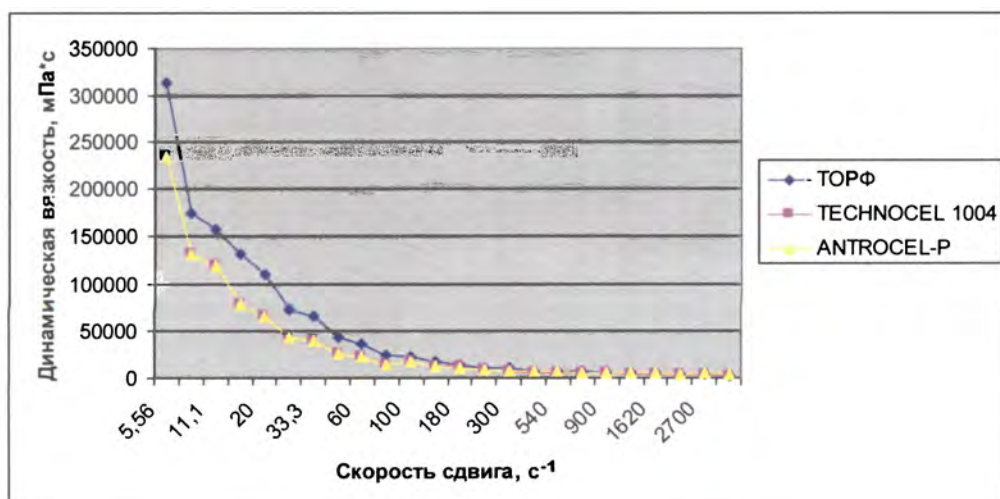
стабилизирующей добавки разрушаются при более высоких скоростях сдвига и обладают более высоким значением вязкости, чем образцы, в состав которых входит целлюлоза.

друг к другу («легли» на одну кривую). На рисунке 2б видно, что наибольшим значением вязкости определяющим граничное напряжение, которое соответствует предельному разрушению структу-

а)



б)



битум : минеральный порошок = 1:2 с 2% «TECHNOCEL 1004», с 2% «ANTROCEL-P», с 2% добавки «ТОРФ» при:
а) $T=100^{\circ}\text{C}$, б) $T=130^{\circ}\text{C}$

Рисунок 2 - Зависимости динамической вязкости от скорости сдвига асфальтовязующего

На рисунке 2а экспериментальные точки, отражающие зависимость динамической вязкости от скорости сдвига, оказались очень близкими

ры, обладает образец, содержащий в своем составе торфяную стабилизирующую добавку.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЩМА С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

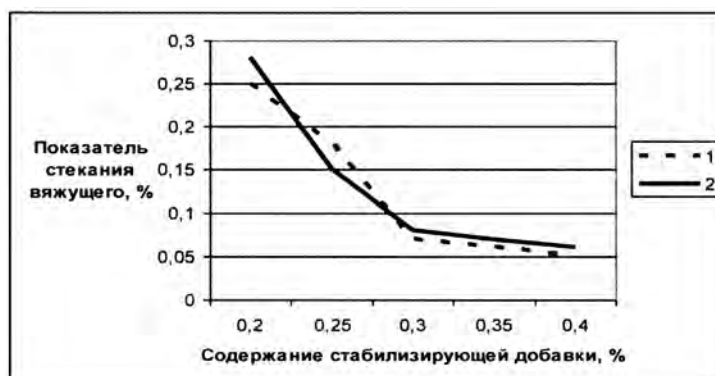
Результаты определения физико-механических свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона,

приготовленного с применением стабилизирующих добавок различных типов, приведены в таблице 1 и на рисунке 3.

Анализ результатов показал полное соответствие физико-механических свойств ЩМС с торфяной стабилизирующей добавкой таким же показателям ЩМС с использованием импортной стабилизирующей добавки.

Таблица 1 - Физико-механические свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона с применением различных стабилизирующих добавок

Содержание материалов, %						Физико-механические свойства				
Щебень	Отсев	Песок	МП	Битум	Стаб. добавка	ρ , г/см ³	W, %	Стекание, %	$R_{сж}^{50}$, МПа	$R_{сдв}^{50}$, МПа
ТОРФ										
72	11	11	6	6,5	0,2	2,48	1,3	0,28	1,2	2,48
72	11	11	6	6,5	0,25	2,48	1,4	0,15	1,2	2,40
72	11	11	6	6,5	0,3	2,47	1,6	0,08	1,2	2,38
72	11	11	6	6,5	0,4	2,45	2,2	0,06	0,9	2,27
TECHNOCEL 1004										
72	11	11	6	6,5	0,2	2,48	1,4	0,26	1,2	2,44
72	11	11	6	6,5	0,3	2,47	1,5	0,14	1,3	2,32
72	11	11	6	6,5	0,4	2,45	2,2	0,06	1,25	2,28
ANTROCEL-P										
72	11	11	6	6,5	0,2	2,48	1,2	0,23	1,2	2,47
72	11	11	6	6,5	0,3	2,47	1,6	0,15	1,2	2,38
72	11	11	6	6,5	0,4	2,46	2,3	0,08	1,1	2,27
Нормативные значения по СТБ 1033-2004 [5]						-	0,5-3,0	не более 0,15	не менее 0,9	не менее 2,2
Примечание - МП – минеральный порошок, ρ – плотность, W – водонасыщение, стекание – показатель стекания вяжущего согласно СТБ 1115-2004 [6], $R_{сж}^{50}$ – предел прочности на сжатие при температуре 50°C, $R_{сдв}^{50}$ – предел прочности на сдвиг при 50°C.										



1 - TECHNOCEL 1004, 2 - ТОРФ

Рисунок 3 - Стеkanie вяжущего в зависимости от содержания и вида стабилизирующей добавки

АКТИВАЦИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ АСФАЛЬТОБЕТОНА ПРОДУКТАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСПАДА ТОРФА

Для оценки влияния продуктов термического распада торфяной крошки на адгезионные свойства обрабатываемого минерального материала с битумом и на физико-механические характеристики асфальтобетона, была проработана технология активации минерального материала в лабораторных условиях на оборудовании, применяемом при приготовлении асфальтобетонных смесей. В качестве минерального материала, который подвергался активации, использовался песок с размером частиц 0,63-2,5 мм, а в качестве актива-

от массы минеральной части).

После активации минеральный материал проходил процедуру оценки адгезии с битумом (определение сцепления битума с поверхностью минеральной части асфальтобетонной смеси) по СТБ 1115-2004 [6].

Сцепление оценивали визуально по величине поверхности минерального материала, сохранившей битумную пленку после кипячения в водном растворе поваренной соли. Для оценки использовали фотоэлектрический блескомер БФ-2. В результате определяли так называемый коэффициент адгезии ($K_{адг}$), представлявший собой величину поверхности минерального материала, покрытой пленкой битума после кипячения, выраженную в процентах от общей поверхности материала (таблица 2).

Таблица 2 - Результаты оценки адгезии на блескомере БФ-2

Номер обработанного образца	Температура перемешивания t , °C	Время перемеш. T , мин	Добавка k , % от минер. массы	$K_{адг}$, %
1	240	9	1	78,42
2	160	9	1	77,58
3	240	1	1	80,53
4	160	1	1	77,37
5	240	9	0,3	77,58
6	160	9	0,3	76,11
7	240	1	0,3	75,47
8	160	1	0,3	74,74
9	240	5	0,65	79,47
10	160	5	0,65	77,79
11	200	9	0,65	79,47
12	200	1	0,65	78,42
13	200	5	1	84,21
14	200	5	0,3	79,47
15	200	5	0,65	81,58
Материал без обработки	0	0	0	73,16
Примечание - Для песка без битума $K_{адг} = 0\%$, для песка с битумом до кипячения $K_{адг} = 100\%$.				

тора - торф с размером частиц менее 1,25 мм. При этом был произведен выбор факторов, которые максимально влияли на ход активации, это: температура перемешивания (t , °C) с минеральным материалом, время воздействия разогретой минеральной части на торфяную крошку (T , мин), количество добавляемой торфяной крошки (k , %

По полученным результатам оценки адгезии были построены трехмерные поверхности отклика [7], которые наглядно позволили представить закономерность изменения адгезии минерального материала с битумом ($K_{адг}$) в зависимости от изменения активационных факторов (анализ результатов на рисунках 4 и 5).

Таким образом:

1) материал, не прошедший активацию, пока-

стойкостью веществ, выделяющихся из торфа и оседающих на поверхности минерального мате-

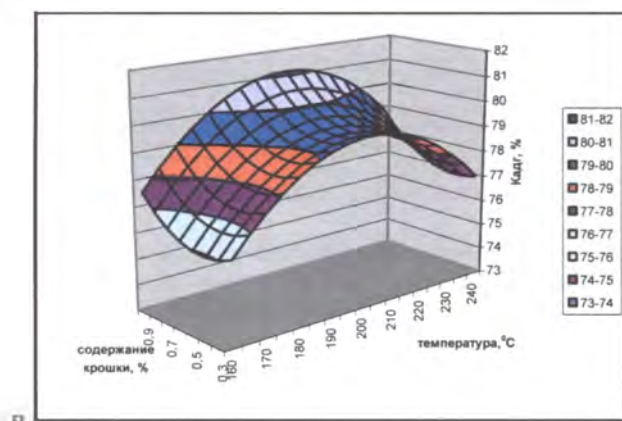
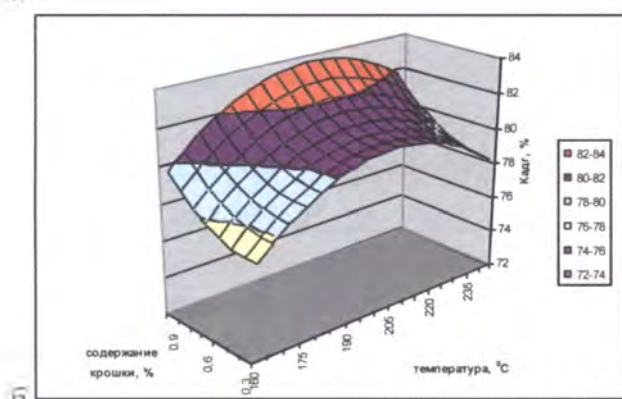
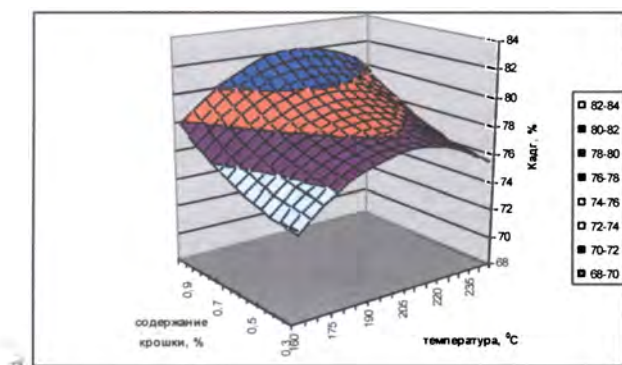


Рисунок 4 - Зависимость $K_{адг}$ от температуры перемешивания (t , °C) и содержания торфяной крошки (k , %) при времени перемешивания T :
а) 1 мин, б) 5 мин, в) 9 мин

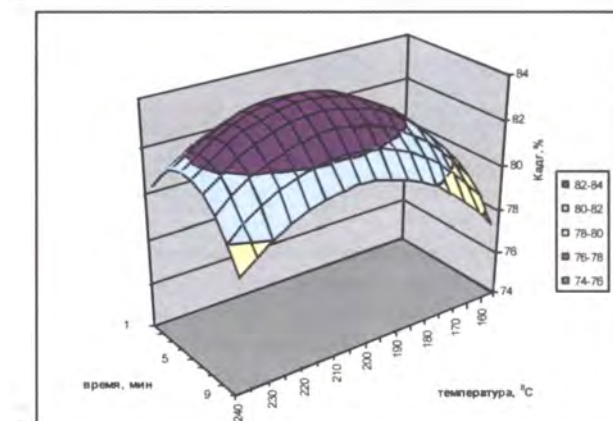
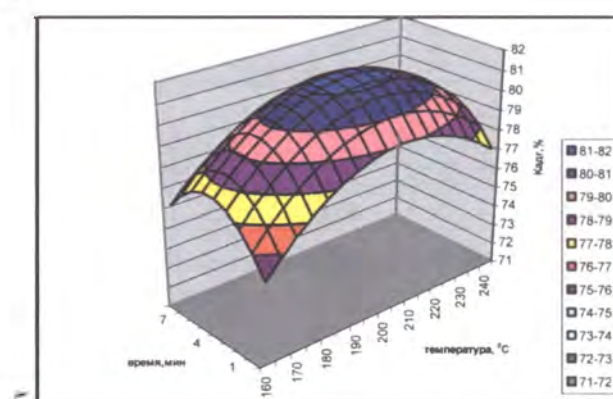
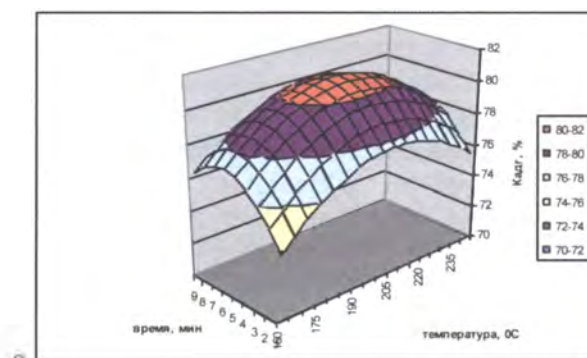


Рисунок 5 - Зависимость $K_{адг}$ от температуры перемешивания (t , °C) и времени перемешивания (T , мин) при содержании торфяной крошки k :
а) 0,3%, б) 0,65%, в) 1%

зал наихудший результат по адгезии ($K_{адг} = 73,16\%$) по сравнению с остальными образцами серии с максимальной величиной $K_{адг} = 84,21\%$;

2) с увеличением температуры перемешивания до 200°C в нашем случае $K_{адг}$ увеличивается, но с дальнейшим подъемом температуры величина $K_{адг}$ падает, это обусловлено слабой термической

риала;

3) с увеличением времени перемешивания $K_{адг}$ растет до некоторого значения (5-6 мин в нашем случае) и затем начинает падать, что также обусловлено слабой термической стойкостью веществ, выделяющихся из торфа и оседающих на поверхности минерального материала;

4) количество торфяной крошки в смеси существенно влияет на адгезионные свойства минерального материала, т.к. большее ее количество выделяет больше активирующих веществ (высокомолекулярных соединений).

После проведенного анализа было оценено влияние активации минеральной части асфальтобетона на его физико-механические характеристики (таблица 3).

Полученные результаты исследования показали положительное влияние активации минеральной части асфальтобетона продуктами термической деструкции торфа. При этом выявлена устойчивая тенденция к улучшению всех прочностных показателей и повышению коррозионной стойкости асфальтобетона.

зал полное соответствие физико-механических свойств ЩМС требованиям СТБ 1033-2004 [5], а также наличие прямого экономического эффекта при замене импортных стабилизирующих добавок торфом [4].

Проведенный анализ физико-механических характеристик образцов асфальтобетона показал положительное влияние активации продуктами термической деструкции торфа на свойства асфальтобетона. Установлена устойчивая тенденция к улучшению всех прочностных показателей и повышению коррозионной стойкости асфальтобетона. На основании полученных результатов подана заявка на изобретение [8].

Литература

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов использования торфа в качестве стабилизирующей добавки в щебеночно-мастичном асфальтобетоне пока-

1. Тюрменое, С.Н. Торфяные месторождения / С.Н. Тюрменое. - Изд. 3-е перераб. и доп. - М.: Недра, 1976. - 488 с.

2. Пидопличко, А.П. Торфяные месторождения Белоруссии (генезис, стратиграфия и райониро-

Таблица 3 – Результаты испытаний асфальтобетона

Условия активации минеральной части	Контрольный образец ЩМС _ц -1/2,2	Номер образца						СТБ 1033-2004
		1	2	3	4	5	6	
Температура перемешивания $t, ^\circ\text{C}$	-	160	160	240	240	200	200	-
Время перемешивания $T, \text{мин}$	-	9	1	1	5	1	5	-
Добавка $k, \%$ от минер. части	-	1	1	0,3	0,65	0,65	1	-
Показатели								
$\rho, \text{кг/м}^3$	2,46	2,44	2,46	2,45	2,45	2,46	2,46	-
$W, \%$	1,9	2,1	2,2	1,7	1,85	1,9	2,0	0,5-3,0
$H, \%$	0	0	0	0	0	0	0	0,5-1,0
$R_{сж}^{50}, \text{МПа}$	0,91	0,94	1,1	0,92	1,01	1,02	0,98	не менее 0,9
$R_p^0, \text{МПа}$	1,74	2,23	2,45	2,13	2,29	2,41	2,17	1,5-3,0
$R_{сдв}^{50}, \text{МПа}$	2,22	2,22	2,24	2,24	2,88	2,97	2,84	не менее 2,2
$K_{вод}^{28}$	0,82	0,82	0,85	0,87	0,92	0,89	0,87	не менее 0,8
Примечание - $R_{сж}^{50}$ - предел прочности на сжатие при 50°C ; R_p^0 - предел прочности на растяжение при 0°C ; $R_{сдв}^{50}$ - предел прочности на сдвиг при 50°C ; ρ - средняя плотность; W - водонасыщение; H - набухание; $K_{вод}^{28}$ - коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении в агрессивной среде.								

еание) / А.П. Пидопличко. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 192 с.

3. Первый съезд ученых Республики Беларусь (Минск, 1-2 нояб. 2007 г.): сб. материалов / редкол.: А.Н. Косинец и [др.]. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 704 с.

4. Асфальтобетонная смесь: пат. 12389 Респ. Беларусь, МПК С 04В 26/00 / Г.В. Чепцов, Я.Н. Ковалев, Д.Г. Игошкин, С.С. Будниченко; заявитель БНТУ. – № а20060821; заявл. 03.08.2006; опубл. 16.06.2009.

5. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия: СТБ 1033-2004. – Введ. 06.05.2004. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2004. – 25 с.

6. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний: СТБ 1115-2004. – Введ. 06.05.2004. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2004. – 48 с.

7. Ковалев, Я.Н. Применение торфа как активизирующей добавки в асфальтобетон / Я.Н. Ковалев, С.С. Будниченко // Строительная наука и техника. – 2009. – №3. – С. 12-16.

8. Способ активирования дорожных минеральных материалов: заявка на изобретение № а20090402 от 18.03.2009, МКИ С 04В 20/10 / Г.В. Чепцов, Я.Н. Ковалев, С.С. Будниченко.