

EP 6.7

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED  
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Серия А

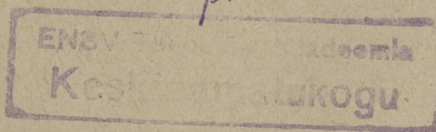
№ 69

1956

Р. А. АМБРОС

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ  
ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА СЦЕПЛЕНИЕ  
БИТУМА С КАМЕННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

EP. 10



ЭСТОНСКОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ТАЛЛИН 1956





Устойчивость асфальтового бетона при переменной температуре и влажности в значительной степени зависит от силы сцепления битума с поверхностью каменного материала: пока скелетный материал асфальтобетона находится в сухом состоянии битум, как правило, сцепляется в достаточной мере с каменным материалом. Когда же асфальтобетон соприкасается с водой, сцепление битума с каменным материалом может нарушаться и асфальтобетонные дорожные покрытия и гидроизоляционные сооружения могут приходить в негодность.

В последние годы в дорожной технике проводились интенсивные работы в области исследования физических и химических явлений, возникающих на границе соприкосновения битума с каменным материалом и водой. В результате этих исследований выявлено, что водоустойчивость асфальтовой смеси зависит от степени гидрофильности минерального материала. При использовании для асфальтовых смесей высокогидрофильных материалов необходимая водоустойчивость смесей не обеспечивается ни увеличением содержания битума и его вязкости, ни повышением плотности смеси. Водоустойчивость асфальтовой смеси может быть достигнута только в том случае, если будет обеспечено надлежащее сцепление битума с минеральной поверхностью.

Так как причины, обуславливающие сцепление битума с минеральным материалом, не являются твердо установленными, а практические пути повышения этого сцепления еще мало известны, проблема использования в качестве дорожностроительных материалов высокогидрофильных материалов по существу является неразрешенной [1].

В интересах развития исследований в этой области дорожной техники, автор сей статьи задался целью исследовать влияние некоторых химических добавок на сцепление битума с минеральными материалами, при одновременном присутствии воды.

Явления сцеплений битума с каменными материалами можно в основном разбить на три группы:

а) Сцепление битума с каменным материалом, происходящее на поверхности камня за счет химических реакций и смачивания битумом камня. Продукты реакции являются в данном случае водонерастворимыми.

б) Сцепления физико-химического характера, где битум смачивает каменный материал, однако последний, т. е. каменный материал, обладает меньшим сродством с битумом, чем с водой.

в) Сцепления физико-химического характера, где битум смачивает каменный материал, имея с последним большее сродство, чем сродство камня с водой.



Рис. 1.

Явления сцепления битума с каменным материалом, перечисленные под пунктами а) и в) дают в дорожном и гидротехническом строительстве положительные результаты и без применения сцепления повышающих добавок, — добавок требует только в пункте «б» поименованное сцепление физико-химического характера.

Повышение силы сцепления битума с каменным материалом обуславливается химическими реакциями, возникающими при соприкосновении битума с каменным материалом, каковые, однако, не всегда возникают сами собой.

Химические реакции можно, однако, вызывать приведением различных добавок к битуму или же к минеральному материалу.

Рассматривая явления сцепляемости каменного материала с битумом в воде, можно заключить, что при условии, что битум достаточно жидок, он или стремится расплыться на поверхности камня или же стягивается до тех пор, пока не приобретает необходимого равновесия.

Теоретически битум может на поверхности каменного материала приобрести одно из нижеприведенных положений (рис. 1).



Рассмотрим случай, когда каменный материал и битумная капля, находятся в воде и постараемся выяснить величину поверхностного натяжения между битумом и каменным материалом на границе соприкосновения их (рис. 2).

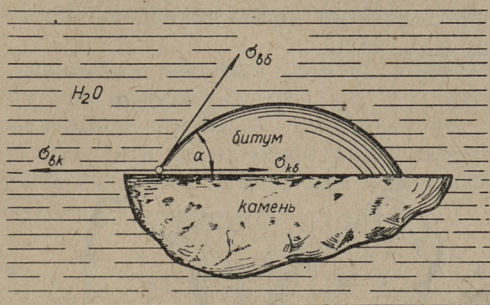


Рис. 2.

Обозначим через:

- $\sigma_{вб}$  — поверхностное натяжение между водой и битумом,
- $\sigma_{вк}$  — поверхностное натяжение между водой и каменным материалом,
- $\sigma_{кб}$  — поверхностное натяжение между каменным материалом и битумом.

Тогда приложение этих сил лежит в точке  $A$ , где теоретически соприкасаются между собой все три силы. В точке  $A$  должно установиться равновесие [7].

Так как из трех поименованных веществ твердым телом является камень, то, если вообще возникает какое-нибудь передвижение, точка  $A$  может передвигаться только по поверхности камня.

При возникновении равновесия в точке  $A$  между поверхностным натяжением.

$$\sigma_{вк} = \sigma_{кб} + \sigma_{вб} \cdot \cos \alpha$$

или

$$\sigma_{вк} - \sigma_{кб} = \sigma_{вб} \cdot \cos \alpha.$$

Чтобы битумная пленка была в состоянии оттеснить с поверхности камня воду, необходимо увеличить поверхностное натяжение между водой и камнем и уменьшить поверхностное натяжение между водой и битумом, а также и между каменным материалом и битумом.

Наилучшее поверхностное натяжение достигается тогда, когда битум смачивает полностью поверхность каменного материала, т. е. если

$$\sigma_{вк} - \sigma_{кб} \geq \sigma_{вб} \cdot \cos \alpha.$$

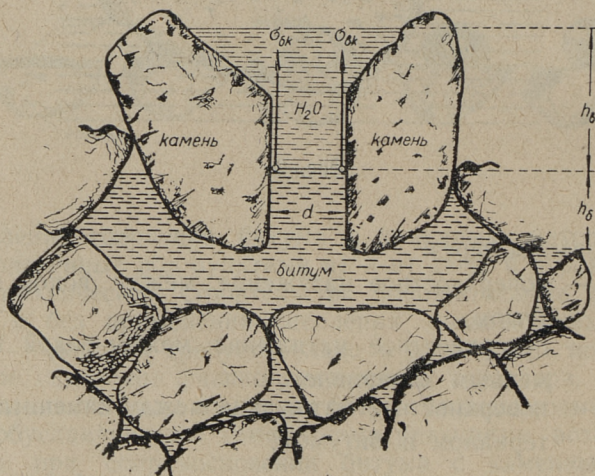


Рис. 3.

Рассматривая капиллярную трубочку диаметром  $d$ , заполненную битумом и водой согласно рис. 3, можем вывести условия равновесия возникающие на границе соприкосновения каменного материала с водой и битумом:

$$(\sigma_{вк} - \sigma_{кб}) \pi d = (h_b \rho_b + h_c \rho_c) g \cdot \frac{\pi d^2}{4},$$

где  $\rho_b$  и  $\rho_c$  плотности воды и битума, а  $g$  ускорение  $= 9,81$  м/сек.<sup>2</sup>



$$\text{Отсюда: } (\sigma_{вк} - \sigma_{бк}) = \frac{d}{4} (h_{в} \rho_{в} + h_{б} \rho_{б}) g,$$

т. е. чтобы граница соприкосновения воды с битумом пришла бы в равновесие, необходимо, чтобы разность между поверхностными натяжениями  $\sigma_{вк}$  и  $\sigma_{бк}$  равнялась бы произведению внешнего давления в виде веса веществ, заполняющих капилляр на одну четверть диаметра капилляра.

Пыль и глинистые частицы грунта, обволакивая каменный материал асфальтобетона при его приготовлении могут оказать эмульгирующее свойство на асфальтобетон и тем вызывать постепенное разрушение поверхности дорожного покрытия. Такое же разрушающее влия-

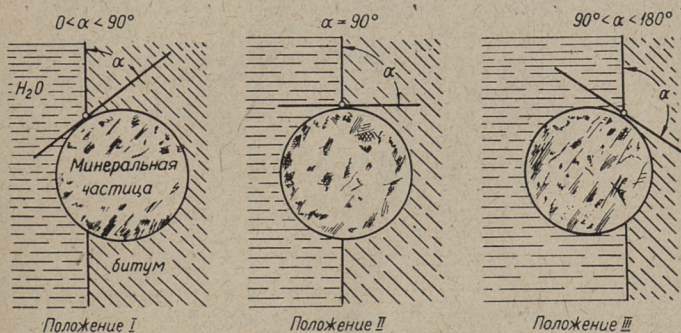


Рис. 4.

ние на последнее может оказать пыль и глина, наносимая ветром или водой с обочин на дорогу.

Эти мелкие частицы минерального материала могут принять одно из нижеприведенных положений в покрытии дороги, находясь в зависимости от угла  $\alpha$  (рис. 4).

В зависимости от величины угла  $\alpha$  минеральная частица примет установившееся состояние при таком его положении, когда суммарная энергия сил поверхностного натяжения всех трех соприкасающихся веществ приобретает минимальную величину. Ясность этому придает нижеследующее графическое изображение положения минеральной частицы в среде — вода — битум (рис. 5).

Когда частица минерального вещества приходит в соприкосновение с битумом, часть первоначальной площади соприкосновения воды с битумом уменьшается на величину опечатка  $F_{вб}$  (см. рис. 6). Благодаря этому смоченная раньше водой поверхность  $F_{вк}$  минеральной частицы будет замещена двумя иными и новыми поверхностями смачивания, а именно:  $F_{вк_2}$  и  $F_{бк_2}$ .

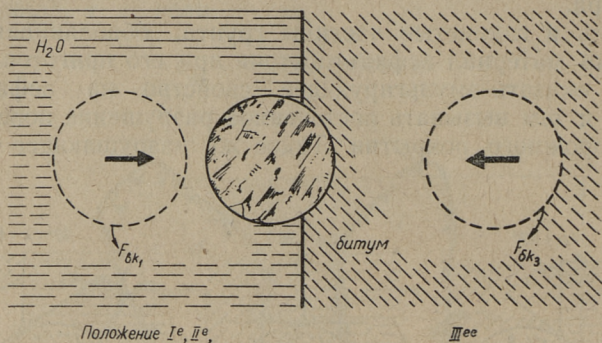


Рис. 5.

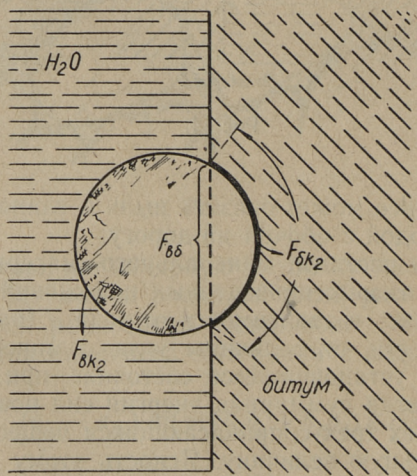


Рис. 6.

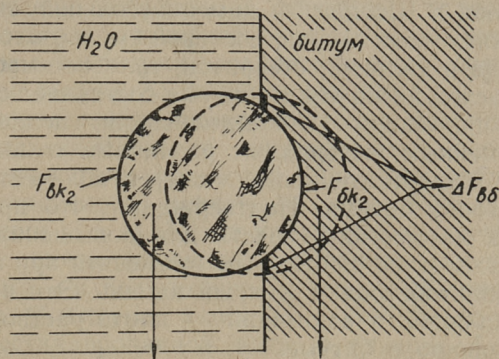


Когда количество суммарной силы энергии поверхностного натяжения при положении II-ом окажется меньше суммарной силы энергии положения I-го и III-го, частица сохраняет свое уже принятое положение на поверхности раздела (рис. 7), и ее положение и определяется уравнением:

$$\sigma_{вк} \cdot F_{вк_2} + \sigma_{бк} \cdot F_{бк_2} + \sigma_{вб} \cdot \Delta F_{вб} = \text{минимуму,}$$

в противном случае отделяется частица от поверхности и асфальтовое покрытие оголяется.

Отсюда следует важное заключение: чтобы обеспечить надлежащее сцепление битума с каменным материалом,



Установившееся, неустановившееся  
положения минеральной частицы в среде -  
вода - битум

Рис. 7.

необходимо, чтобы применяемый для асфальтобетона каменный материал был сухим, свободным от пыли, с шероховатыми поверхностями и с гидрофобными свойствами.

Большое значение имеет также адсорбционная способность битума в отношении сцепления битума с каменным материалом: адсорбированный в каменный материал слой битума содействует смачиванию камня с битумом, каковое явление в свою очередь облегчает смешение каменного материала с битумом.

Если каменный материал смачивается битумом лучше чем водой, то камень становится постепенно более гидрофобным, т. е. физико-химические свойства каменного материала постепенно приближаются к свойствам органически-вяжущим.

Чем больше гидрофобных свойств имеет тот или иной каменный материал, тем большим становится его сродство с битумом.

Как передовая советская дорожная техника, так и техника других стран неумолимо подыскивают пути и практические методы для повышения водоустойчивости и долговечности асфальтобетонных дорожных покрытий. Так, например, согласно литературным данным, США [6] примешивают к битуму в количестве 1 весового % натурального каучука, в Швеции — каменноугольной смолы, во Франции кислотных жиров, сосновой смолы, олеатов железа, свинца и кальция, стеаратов, талловое масло и феноляты. Расход их на тонну битума составляет около 2%. В Англии применяют для активизации сцепления битума с каменным материалом различные технические и инвертные мыла (катионовые мыла) в количестве около 200 г на тонну битума. Подтверждают, что при применении этих химических средств для повышения сцепления, представляется возможным применять при приготовлении асфальтобетона и мокрый камень. Эти инвертные мыла — кальций и алюминий — плохо растворяются в воде, но хорошо в битуме.

Примешивание к каменному материалу в количестве от 2—3% от веса каменного материала гашеной в порошок извести, содействует приданию кислым каменным породам (гранит) гидрофобных свойств и тем повысить сцепление битума с камнем.

Химическое действие сцепления повышающих свойств добавок обосновывается тем, что приведя полярные химические добавки к битуму, как напр., кислота жиров, смоляные кислоты и т. п., аполярная часть этих химических веществ, обладая сродством — т. е. будучи липофильным с маслами, резко схватывается с битумом. Полярная же составная часть химических добавок, т. е. гидрофильная часть их, соединяется с катионами металла минерального материала. Когда катион металла относится к щелочным грунтометаллам, или к тяжелым металлам, на поверхности минерального материала возни-



кает в воде нерастворимый продукт, каковой действует как цемент.

Так как автор сей статьи задался целью исследовать возможности улучшения сцепления битума с минеральными материалами в условиях Эстонской ССР, то были применены в качестве химических добавок к сланцевому битуму фенолят сланца [8], Са-фенолят, талловое масло, сосновая смола и стеариновая кислота, а также и известь.

Исследования проводились в лабораторных условиях, применяя при этом дорожностроительные материалы, взятые с производства в гор. Таллин.

Битум применялся сланцевый БС с температурой размягчения по Кремер-Сарнову от  $28,2^{\circ}$  до  $29,0^{\circ}$  С.

Химические добавки — феноляты, талловое масло, сосновая смола и стеариновое масло в количестве 2 весовых % от веса битума вводились в битум смешением при подогреве битума до температуры  $120^{\circ}$  С.

Для определения водоустойчивости битумной пленки, обволакивающей зерна минерального порошка (т. е. определения гидрофильности или гидрофобности), был использован способ кипячения (метод Риделя) [2] и метод Дорнии [3 и 4]. Метод кипячения заключается в следующем: смесь каменного материала крупностью от 0,6—0,2 мм в количестве 72 весовых % смешивают с 28 весов. % битума; затем 0,5 г этой смеси кипятят в 6 см<sup>3</sup> дистиллированной воды в течение 1 мин. Если после кипячения обнаружится освобождение зерен каменного материала от битума, таковой материал является совершенно непригодным для изготовления минерального порошка, а также для применения в качестве щебня для дорожных битумных покрытий.

Для сравнительного определения степени водоустойчивости битумной пленки производится кипячение указанной выше смеси битума с каменным материалом в растворах соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) различных концентраций, которые имеют различное поверхностное натяжение.

Для этого рекомендуется применять растворы следующих концентраций:

$$\frac{\text{мол.}}{1}; \quad \frac{\text{мол.}}{2}; \quad \frac{\text{мол.}}{4}; \quad \frac{\text{мол.}}{8}; \quad \frac{\text{мол.}}{16}; \quad \frac{\text{мол.}}{32}; \quad \frac{\text{мол.}}{64}; \quad \frac{\text{мол.}}{128}; \quad \frac{\text{мол.}}{256}.$$

(мол. — молекулярный раствор 106,1 г соды в 1000 см<sup>3</sup> воды).

Первую порцию кипятят в наиболее слабом растворе соды ( $\frac{\text{мол.}}{256}$ ), а затем последовательно переходят к кипячению в более концентрированных растворах. После каждого кипячения наблюдают степень отделения битумной пленки от каменного материала. Степень водоустойчивости битумной пленки на данном каменном материале определяется баллом соответственно концентрации содового раствора, в котором при кипячении не менее половины всех зерен теряет сцепление с битумной пленкой и оголяется.

Считают, что пригодной каменной породой для изготовления минерального порошка является та, которая имеет балл водоустойчивости битумной пленки выше 4.

Результаты испытания на гидрофильность были следующие (см. стр. 13):

На основе произведенного исследования влияния различных химических добавок к сланцевому битуму РВ-6 на сцепляющиеся свойства битума с каменными материалами автор пришел к следующему выводу:

а) При использовании сланцевой золы «кукермита» в качестве заполнителя для асфальтобетона не требуется введения химических добавок к битуму, т. к. отличное сцепление битума достигается и без добавок (10 балл.).

Однако добавление сосновой смолы к битуму несколько увеличивает водоустойчивость асфальтобетона. Сосновая смола является достаточно ценным веществом и ее применение в качестве добавок к асфальтобетону в производственных условиях является нерентабельным.

б) При использовании известняка в качестве минерального материала для асфальтобетона, как показывают результаты исследования, сцепление битума с каменным материалом и без применения химических добавок достаточно хорошее (5—6 баллов). Добавление же к битуму сланцевых фенолов или же сосновой смолы резко повышает сцепление (9—10 балл.). Хорошее влияние на сцепление оказывали и Са-фенолят и сырое талловое масло.

В производственных условиях применимы как сланцевые фенолы, так и сырое талловое масло, т. к. последние являются отходами местной сланцевой и бумажной промышленности.

в) При использовании гранитного камня в качестве за-



Сводка результатов анализа на водоустойчивость и коэффициент гидрофильности [5].

Номер серии	Наименование химических добавок	Наименование породы	Химический состав каменной породы минерального порошка	Коэффици- ент гидро- фильности по техн. условиям ГУШОСДОРА	Водоустой- чивость битумной пленки в баллах	Пори- стость в %	Общая оценка минерального порошка	Приме- чание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Без добавок	Гранит	SiO <sub>2</sub> — 70,18%	0,860	2—3	0,45	Непригоден	
2.	"	Сиенит	SiO <sub>2</sub> — 60,19%	0,853	0—1	0,49	Непригоден	
3.	"	Гнейс	SiO <sub>2</sub> — 54,30%	0,714	1	0,47	Непригоден	
4.	"	Базальт	SiO <sub>2</sub> — 49,06%	0,864	10	0,50	Пригоден	
5.	"	Диабаз	SiO <sub>2</sub> — 50,49%	0,934	10	0,44	Пригоден	
6.	"	Известняк из ок- рестности г. Тал- лина	CaCO <sub>3</sub>	0,894	5—6	0,50	Пригоден	
7.	"	Отходы фосфорит- ной промышлен- ности	SiO <sub>2</sub> — 82,10% CaO — 8,04% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> — 6,80% R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> — 1,05% H <sub>2</sub> O — 6,65% прочее — 1,36	0,938	9—10	0,38	Пригоден при со- ответствующей пе- реработке допол- нительным грохо- чением	
8.	"	Зола горючего сланца «кукермит»	в качестве примера: SiO <sub>2</sub> — 46,9% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> — 6,8% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> — 6,5% CaO — 34,5% MgO — 0,9% SO <sub>3</sub> — 2,9% K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O — 1,5%	0,762	10	0,62	Пригоден	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9.	Гашенная в порошок известь	Минеральный порошок из гранита	—	—	4—5	—	Пригоден	
10.	Фенолят сланца	Минеральный порошок из известняка	—	—	8	—	Пригоден	
11.	„	Зола горючего сланца «кукермит»	—	—	10	—	Пригоден	
12.	„	То же, но в мокром состоянии	—	—	10	—	Пригоден	
13.	„	Мокрый минеральный порошок	—	—	0—1	—	Непригоден	
14.	Са-фенолят в виде 3,5% раствора = 1,014	Минеральный порошок из гранита	—	—	4—5	—	Пригоден	В качестве фенолята сланца был применен на базе последнего приготавливаемый фенолят в количестве 4% от веса битума
15.	„	Зола горючего сланца «кукермит»	—	—	10	—	Пригоден	
16.	„	Минеральный порошок из известняка	—	—	7—8	—	Пригоден	
17.	Талловое сырое масло	Зола горючего сланца «кукермит»	—	Свойства таллового масла:				
18.	„	Минеральный порошок из известняка	—	удельный вес — 1,05	10	—	Пригоден	
				число омыления — 143				



19.	Талловое масло сырое	Гранитный порошок, обработанный известью	кислотное число 140 иодовое число 129 Неомывающих веществ 8—10% Непределённых кислот жи-ров 43—46% смоляных кис-лот 43—46% зола 0,03%	6—7  6—8	—  —	Пригоден  Пригоден
20.	Сосновая смола	Зола горюч. сланца «кукермит»	—	10	—	Пригоден
21.	„	Гранитный порошок, обработанный известью	—	7—8	—	Пригоден
22.	„	Минеральный порошок из известняка	—	9—10	—	Пригоден
23.	Стеариновая кислота ( $C_{17}H_{35}COOH$ )	Гранитный порошок, обработанный известью	—	7—8	—	Пригоден
24.	„	Сланцевая зола «кукермит»	—	10	—	Пригоден

полнителя и каменного материала для асфальтобетона сцепление битума с каменным материалом из-за гидрофильных свойств последнего неудовлетворительное (0—1 балл). Примешивая же к каменному материалу гашеную известь в виде порошка — в количестве 2 весовых процентов от минерального вещества, повышается сцепление с 0—1 балла на 4—5 баллов.

Можно предполагать, что при примешивании к агрегату гашеной извести и при одновременном введении к битуму сырого таллового масла, качество асфальтобетона улучшается значительно.

В общем можно сказать, что применение химических добавок в виде сырого таллового масла, сланцевого фенолята и Са-фенолята в производственных условиях не вызывает никаких затруднений, т. к. эти продукты являются отходами местной промышленности. При использовании Са-фенолята желательнее выпарить из 3,5% — раствора воду и тем применять Са-фенолят в сухом, порошкообразном виде.

В заключение можно сказать что, чтобы повысить связующую способность битума с каменным материалом, желательнее увеличить поверхностное натяжение между каменным материалом и водой, а также и поверхностное натяжение между водой и битумом. Наилучшая связуемость достигается тогда, когда битум смачивает каменный материал полностью, т. е. когда каменные материалы обладают гидрофобными свойствами. Гидрофобность каменных материалов активизируется введением вышеперечисленных химических добавок к битуму.

Достигнутые в лабораторных условиях положительные результаты, необходимо проверить в производственных условиях при строительстве асфальтобетонных покрытий.

**Примечание.** Данная научно-исследовательская работа выполнена в творческом содружестве с отделом благоустройства, городских дорог и мостов Министерства коммунального хозяйства Эстонской ССР.

Лабораторные работы проделаны инженером-химиком ПУРРЕ Т. А.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Лысихина А. И. и др. О стабильности битумов и взаимодействии их с минеральными материалами. Дориздат, 1952.
2. Волков М. И. и др. Дорожностроительные материалы. Москва, 1948.
3. Гушосдор МВД СССР. Технические условия на основные дорожностроительные материалы. Москва, 1948.
4. Волков М. И. и Пантелеев Ф. Н. Пособие к лабораторным работам по испытанию дорожностроительных материалов. Дориздат, 1952.
5. Амброс Р. А. Кукермит в качестве заполнителя для асфальтового бетона. Труды Таллинского политехнического института № 34. 1950. Эст. Госизд.
6. Богданов А. Н. Исследование кальциевых солей фенолов сланцевой смолы для противогнилотной защиты древесины. Диссертация. Таллинский политехнический институт. 1954.
7. Duriez, M. «Vidhäftningen mellan bituminösa bindemedel och stenmaterial.» Svenska Vägförningens Tidskrift. 7. 1949.
8. Hallberg, S. «Vidhäftningen mellan bituminösa bindemedel och sten i närvaro av vatten.» Statens Väginstitut, Stockholm. 1950.







Р. А. Амброс  
ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ  
ДОБАВОК НА СЦЕПЛЕНИЕ БИТУМА  
С КАМЕННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Эстонское Государственное Издательство  
Таллин, Пярну маантез, 10

\*

Редактор *Л. Тепакс*

Технический редактор *Л. Ууспыльд*

Корректор *Н. Круглова*

Сдано в набор 3 XII 1955. Подписано к печати 11. I  
1956. Бумага 54×84,  $\frac{1}{16}$ . Печатных листов 1,25. По  
формату 60×92 печатных листов 1,02. Учетно-издатель-  
ских листов 0,72. Тираж 800. МВ-01528. Заказ 3350.  
Типография „Тарту Коммунист“, Тарту, Юликооли 17/19.

Цена 50 коп.

