



2. Блехман И. И. Вибрационное перемещение / И. И. Блехман, Г. Ю. Джанелидзе. – М. : Наука, 1964. – С. 308–315.
3. Ершов В. А. Влияние уличного транспорта на осадку зданий / В. А. Ершов, А. А. Романов // Вопросы инженерной геологии Ленинградского экономического района. – Ленинград : Центр. бюро техн. информации, 1960. – 198 с.
4. Иванов П. Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. Механика грунтов : учебник / П. Л. Иванов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1991. – 447 с.
5. Иванов П. Л. Разжижение и уплотнение несвязных грунтов при динамических воздействиях : уч. пос. / П. Л. Иванов. – Ленинград : ЛПИ им. М. И. Калинина, 1978. – 52 с.
6. Купчикова Н. В. Экспертиза геоподосновы, оснований и фундаментов: современные приборы и оборудование при проведении экспериментальных исследований и геотехнического мониторинга / Н. В. Купчикова, А. С. Таркин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 4 (38). – С. 47–55.
7. Патент № RU 2 775 356 С1. Российская Федерация, МПК G01N 11/10 (2006.01). Грунтовый динамический шариковый вискозиметр : № 2021128334: заявл. 28.09.2021: опубл. 29.06.2022 / З. Г. Тер-Мартirosян, А. Н. Шебуняев, И. Е. Демин; заявитель НИУ МГСУ. – 6 с.
8. Пятецкий В. М. Современные фундаменты машин и их автоматизированное проектирование / В. М. Пятецкий, Б. К. Александров, О. А. Савинов. – Москва : Стройиздат, 1993. – 415 с.
9. Савинов О. А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет / О. А. Савинов. – Москва : Стройиздат, 1964. – 346 с.
10. Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости / Н. А. Слезкин. – Москва : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. – 521 с.
11. Тер-Мартirosян З. Г. Механика грунтов в высотном строительстве с развитой подземной частью : уч. пос. / З. Г. Тер-Мартirosян, А. З. Тер-Мартirosян. – Москва : АСВ, 2020. – 946 с.
12. Тер-Мартirosян З. Г. Ползучесть и виброползучесть песчаных грунтов / З. Г. Тер-Мартirosян, А. З. Тер-Мартirosян, Е. С. Соболев // Инженерные изыскания. – 2014. – № 5–6. – С. 24–28.
13. Шебуняев А. Н. Обзор результатов исследований влияния колебаний на физико-механические свойства песчаных грунтов / А. Н. Шебуняев // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 3 (41). – С. 15–22. – DOI 10.52684/2312-3702-2022-41-3-15-22.
14. Barkan D. D. Dynamics of Bases and Foundations / D. D. Barkan ; translated from the Russian by L. Drashevskaya, and translation edition edited by G. S. Tschebotarioff. – New York : McGraw-Hill Book Co, 1962. – 434 p.
15. Ilyichev V. A. Experimental study of sand soil vibrocreeping / V. A. Ilyichev, V. I. Kerchman, B. I. Rubin, V. M. Piatetsky // International Symposium on Soil under Cyclic and Transient Loading. – Swansea, 1980. – Pp. 239–245.

© З. Г. Тер-Мартirosян, А. Н. Шебуняев, И. Е. Демин

Ссылка для цитирования:

Тер-Мартirosян З. Г., Шебуняев А. Н., Демин И. Е. Влияние напряженного состояния песчаного грунта на интенсивность виброползучести // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 1 (43). С. 10–14.

УДК 691.3

DOI 10.52684/2312-3702-2022-42-4-14-20

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ЭМИССИИ ТОКСИЧНЫХ ГАЗОВ В СЕРОАСФАЛЬТОБЕТОНЕ

Ле Хью Туан, Ву Нгок Туен, С. Р. Меликсетян

Ле Хью Туан, соискатель, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (812) 316-00-84; e-mail: huutuan1511@gmail.com;

Ву Нгок Туен, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры фундаментального образования, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: +7 (495)-287-49-14, доб. 1751; e-mail: ngostuyennnd91@gmail.com;

Меликсетян Сергей Романович, студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: Msr080802@mail.ru

Исследование сероасфальтобетона с модификаторами показало, что их применение снижает количество эмиссии газов, а также дает возможность справиться с проблемой экологического характера при использовании сероасфальтобетонной смеси. Для определения химических реакций, которые могут протекать на различных этапах производства и эксплуатации сероасфальтобетона используется термодинамический расчет. Результаты данного расчета также указывают на то, что в процессе изготовления модификатора на основе серы и нейтрализаторов происходят реакции, которые снижают эффективность нейтрализации. Для предотвращения указанного недостатка необходимо использовать компоненты для разделения границы «сера – нейтрализатор». Применение нейтрализаторов обеспечивает производство сероасфальтобетонных смесей, которые соответствуют требованиям санитарной и гигиенической безопасности, а это дает возможность применять сероасфальтобетон более масштабно, а также повысить срок службы дорог и их качество.

Ключевые слова: сероасфальтобетон, токсичные газы, нейтрализаторы, термодинамический расчет, эффективность, нейтрализатор, токсичные газы, модифицирующие добавки.

THE APPLICATION OF THERMODYNAMIC CALCULATION TO DETERMINE THE EFFICIENCY OF CONVERTERS OF THE EMISSION OF TOXIC GASES IN SULFUR ASPHALT CONCRETE

Le Huu Tuan, Vu Ngoc Tuyen, S. R. Meliksetyan

Le Huu Tuan, person assigned to prepare a dissertation for the degree of Candidate of Science without mastering the training programs for scientific and pedagogical personnel in graduate school at the Department of Technology of Building Materials and Metrology, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation; tel.: + 7 (812) 316-00-84; e-mail: huu-tuan1511@gmail.com;

Vu Ngoc Tuyen, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Fundamental Education, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, tel.: +7 (495) -287-49-14*1751; e-mail: ngoctuyennd91@gmail.com;

Meliksetyan Sergey Romanovich, student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation; e-mail: Msr080802@mail.ru

A study of the advantages of sulfur asphalt concrete with modifiers confirmed that their use reduces the amount of gas emissions, and also makes it possible to cope with the environmental problem when using a sulfur asphalt mixture. To determine the chemical reactions that can occur at various stages of production and operation of sulfur asphalt concrete, thermodynamic calculation is used. The results of the thermodynamic calculation also show that in the process of manufacturing the sulfur-based modifier and neutralizers, reactions occur that reduce the efficiency of neutralization. To prevent this shortcoming, it is necessary to use components to separate the "sulfur-neutralizer" boundary. The use of neutralizers ensures the production of sulfur asphalt mixes that meet the requirements of sanitary and hygienic safety, and this will make it possible to use sulfur asphalt concrete on a larger scale, as well as increase the service life of roads and their quality.

Keywords: sulfur asphalt concrete, toxic gases, neutralizers, thermodynamic calculation, efficiency, neutralizer, toxic gases, modifying additives.

Введение

В процессе постоянной эксплуатации асфальтобетонных покрытий происходит изменение их структуры и снижение технических характеристик, которые могут сильно уменьшить срок эксплуатации автодорог [1–3]. Для того, чтобы повысить срок службы асфальтобетонных покрытий, в настоящее время стали активно использовать серу как добавку к асфальтобетонным смесям [4–7]. Добавление серы помогает увеличить прочность смеси, а также повысить силу сцепления вяжущего вещества с поверхностью минерального заполнителя [8–10].

Сероасфальтобетоны обеспечивают улучшение качества дорожных покрытий, имеют хорошие эксплуатационные и физико-механические свойства (высокая прочность на сжатие, повышенная стойкость к воде и тепловому воздействию, устойчивы при длительном водонасыщении, морозостойкость, стойкость к колееобразованию), ремонтпригодность (увеличение межремонтных сроков, а соответственно позволяет снизить суммарную стоимость строительства и ремонта дорожных покрытий), безопасны, повышают долговечность асфальтобетонных покрытий. У сероасфальтобетона есть особенности физико-механических свойств, которые имеют зависимость от типа гранулометрического состава заполнителей, а также от их химической природы.

Но сероасфальтобетон не получил признания в отрасли и используется лишь в отдельных случаях укладки дорожного покрытия. Это произошло из-за того, что при производстве и

укладки из смеси выделяются газы токсичного характера – сероводород и диоксид серы.

В настоящее время разработали множество способов, которые позволяют уменьшить объем выделяемых токсичных газов. Например, добавляют более низкий процент серы или используют более низкую температуру в процессе изготовления смеси и ее укладки в качестве дорожного покрытия. Но дело в том, что эти способы являются недостаточно результативными.

В процессе производства также применяют специальные добавки-нейтрализаторы. Они могут взаимодействовать с сероводородом и диоксидом серы [11, 15].

Методы и принципы исследования

Химическая термодинамика использует законы таких превращений, чтобы выявить направленность и уровень протекания химических реакций. В термодинамических исследованиях объектом выступает «термодинамическая система». Для ее характеристики используют набор определенных свойств, таких, как параметры состояния. К ним относят давление, химический состав, температуру и прочее.

В случае закрытой системы следствием закона сохранения энергии является то, что изменение внутренней энергии системы ΔU равно разности сообщаемой системе теплоты Q и совершаемой ею при этом работы A :

$$\Delta U = Q - A \text{ или } Q = \Delta U + p \Delta V \quad (1)$$

Если обмен теплотой с внешней средой происходит при постоянном давлении $p = \text{const}$, и

единственным видом работы оказывается работа расширения против сил внешнего давления, то

$$Q_p = \Delta U + p\Delta V = U_2 - U_1 + p(V_2 - V_1) = (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1). \quad (2)$$

Введем обозначение $U + pV = H$ (H – энтальпия), тогда получим:

$$Q_p = H_2 - H_1 = \Delta H \quad (3)$$

Изменение энтальпии ΔH определяется тепловым эффектом процесса, происходящего при постоянном давлении.

Анализ исключительно таких функциональных особенностей системы, как энтальпия и внутренняя энергия, не позволяет определить движущую силу процессов, которые самостоятельно проходят в природном мире, в частности химических реакций. Поэтому для более точного исследования нужно провести дополнительный анализ энтропии, S – это еще одно функциональное состояние системы. Энтропия – это свойство системы или вещества, которое имеет зависимость природы системы и характеристик, таких как энтальпия, давление и температура. Кроме того, она определяет вероятность существования системы и характеризует ее неупорядоченность.

$\Delta S = Q/T$, где Q – теплота для обмена системы с окружающей средой при температуре T .

Разность $H - TS$ представляет собой термодинамическую функцию, которая называется энергией Гиббса (свободная энергия, изобарно-изотермический потенциал), G .

Оценка вероятности протекания химических реакций в исследуемой системе осуществлялась с

использованием термических констант веществ, расчет которых производился в соответствии с формулами:

$$\Delta H_{T_2}^0 = \Delta H_{T_1}^0 + T_1 T_2 \Delta C_p \cdot dT, \quad (3)$$

$$\Delta S_{T_2}^0 = \Delta S_{T_1}^0 + T_1 T_2 (\Delta C_p / T) \cdot dT, \quad (4)$$

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_T^0 - T \cdot \Delta S_T^0, \quad (5)$$

где ΔH , ΔS и ΔC_p – разности между энтальпиями, кДж/моль; энтропиями, Дж/(моль·К); теплоемкостями, Дж/(моль·К), соответственно, продуктов реакции и исходных веществ; ΔG – изобарный потенциал, кДж/моль; T – температура, К.

Оценка возможности протекания исследуемых химических реакций оценивалась в соответствии:

- химические реакции протекают самопроизвольно при любой температуре при $\Delta H_T^0 < 0$, $\Delta S_T^0 > 0$, то $\Delta G_T^0 < 0$;
- химические реакции протекают при высоких температурах, если $\Delta H_T^0 > 0$, $\Delta S_T^0 > 0$, то $\Delta G_T^0 < 0$ при $T > \Delta H^0 / \Delta S^0$;
- химические реакции протекают при низких температурах – при $\Delta H_T^0 < 0$, $\Delta S_T^0 < 0$, то $\Delta G_T^0 < 0$ при $T < \Delta H^0 / \Delta S^0$;
- химические реакции не протекают ни при какой температуре $\Delta H_T^0 > 0$, $\Delta S_T^0 < 0$, то $\Delta G_T^0 > 0$.

Основные результаты

Процесс образования токсичных газов диоксида серы и сероводорода представляет набор химических реакций, где происходит взаимодействие серы, в виде добавки для битумного вяжущего, с водородом и кислородом, которые схематически представлены на рисунке 1.

Результаты термодинамического расчета для химических реакции представлены в таблице 1.

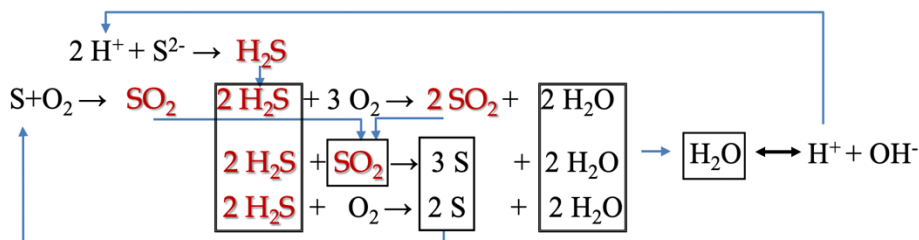


Рис. 1. Схема химических реакций образования токсичных газов в серобитумном вяжущем

Таблица 1

Результаты термодинамического расчета химических реакций образования токсичных газов при 140 °С

Реакции	Вид серы	ΔH кДж/моль	ΔS Дж/(моль·К)	ΔG , кДж/моль
$S + H_2 \rightarrow H_2S$	Sm	-23,008	0,036	-38,231
	Sr	-138,167	-0,399	26,546
$S + O_2 \rightarrow SO_2$	Sm	-298,488	0,007	-301,390
	Sr	-413,647	-0,428	-236,610
$2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O$	-	-1036,781	-0,154	-972,95
$2H_2S + SO_2 \rightarrow 3S + 2H_2O$	Sm	-141,315	-0,175	-68,782
	Sr	204,160	1,131	-263,110
$2H_2S + O_2 \rightarrow 2S + 2H_2O$	Sm	-439,804	-0,168	-370,170
	Sr	-209,486	0,702	-499,730

Примечание: Sm – кристаллическая моноклинная сера; Sr – газообразная сера.

Показано, что преимущественно реакции протекают на химическом уровне с выделением большого объема энергии. С учетом полученных результатов термодинамического расчета

выявляем, что SO_2 , который получается в процессе окисления серы, выделяет больше энергии, чем при образовании H_2S . В процессе образования H_2S происходит окисление, во время

которого в основном выделяется вода и оксид серы. Поэтому делаем вывод, что оксид серы образуется во время не только непосредственного окисления серы, но и в процессе окисления сероводорода. Продуктом реакции также является вода (рис. 1), которая, способствует протеканию реакции образования сероводорода. Описываемые химические процессы образования токсичных газов происходят в цепной последовательности и некоторые из них являются циклическими, процессы образования токсичных газов прекращаются только при полном расходе одного или нескольких компонентов.

Одним из самых перспективных направлений решения данной проблемы является использование нейтрализаторов, применяемых

для повышения эффективности взаимодействия с сероводородом и диоксидом серы, при котором образуются нерастворимые или малорастворимые соединения, например: цинк, оксид цинка, диатомит, оксид марганца, оксид меди, гексагидрат хлорида железа, являющиеся перспективным направлением решения указанной проблемы. Схемы цикличности химических реакций при добавлении указанных нейтрализаторов в серобитумное вяжущее представлены на рисунках 2–5. Для того, чтобы проанализировать эффективность работы данных нейтрализаторов использовались результаты термодинамического расчета. Ознакомиться с ними можно в таблице 2.

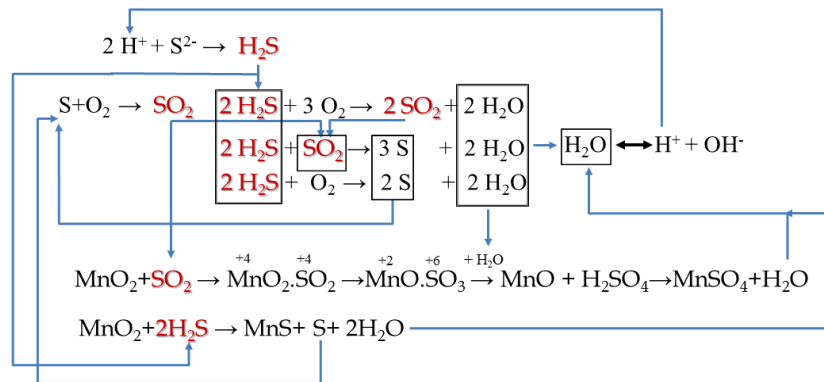


Рис. 2. Схема цикличности химических реакций в серобитумном вяжущем при добавлении оксида марганца

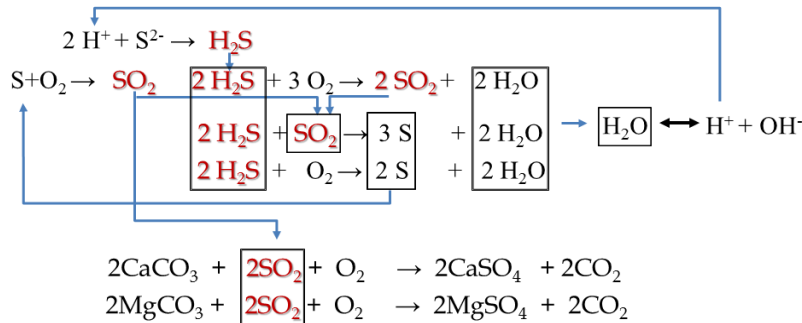


Рис. 3. Схема цикличности химических реакций в серобитумном вяжущем при добавлении доломита

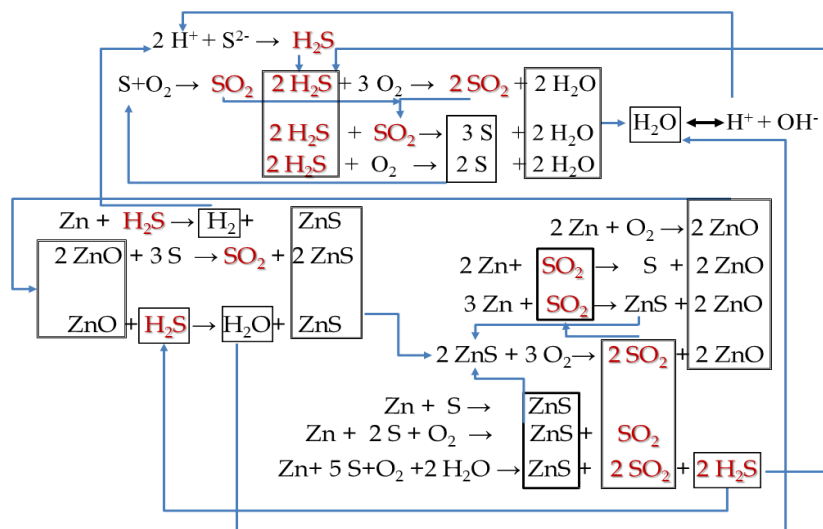


Рис. 4. Схема цикличности химических реакций в серобитумном вяжущем при добавлении цинка и оксида цинка

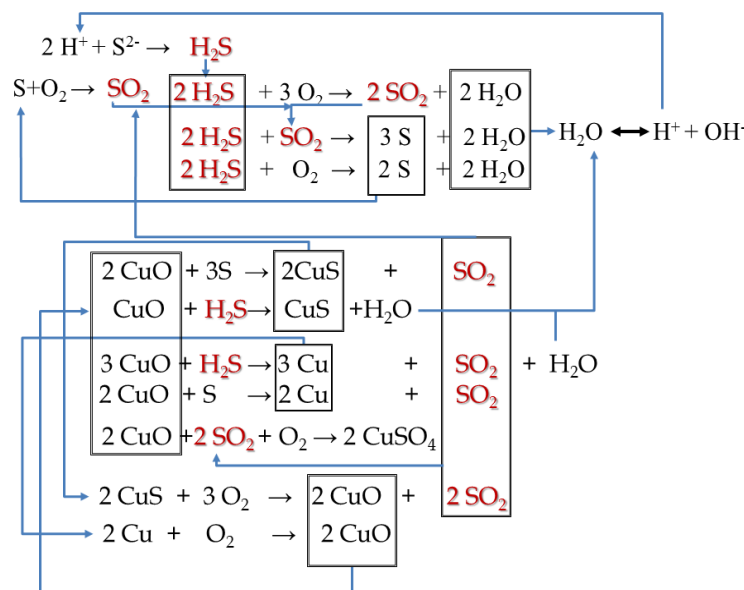


Рис. 5. Схема цикличности химических реакций в серобитумном вяжущем при добавлении оксида меди

Таблица 2

Результаты термодинамического расчета при применении различных нейтрализаторов при температуре приготовления серобитумного вяжущего 140 °С

Химические реакции	Вид серы	ΔH кДж/моль	ΔS Дж/(моль·К)	ΔG, кДж/моль
$\text{MnO}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{MnSO}_4$	–	-242,892	-0,174	-171,280
$\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{MnS} + \text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$	S _М	-133,452	0,030	-146,010
	S _Г	-18,294	0,466	-210,780
$2\text{CaCO}_3 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CaSO}_4 + 2\text{CO}_2$	–	-649,259	-0,246	-547,590
$2\text{MgCO}_3 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgSO}_4 + 2\text{CO}_2$	–	-575,511	-0,218	-485,25
$\text{Zn} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{ZnS} + \text{H}_2$	–	-182,828	-0,054	-160,450
$3\text{S} + 2\text{ZnO} \rightarrow 2\text{ZnS} + \text{SO}_2$	S _М	-14,550	0,172	-85,582
	S _Г	-360,025	-1,135	108,748
$\text{Zn} + 2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{ZnS} + \text{SO}_2$	S _М	-504,325	-0,010	-500,070
	S _Г	-734,642	-0,881	-370,520
$\text{ZnO} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{ZnS} + \text{H}_2\text{O}$	–	-77,932	-0,002	-77,182
$2\text{Zn} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO}$	–	-695,612	-0,199	-613,170
$2\text{Zn} + \text{SO}_2 \rightarrow 2\text{ZnO} + \text{S}$	S _М	-397,123	-0,206	-311,780
	S _Г	-281,965	0,229	-376,560
$3\text{Zn} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{ZnS} + 2\text{ZnO}$	–	-602,960	-0,224	-510,460
$2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$	–	-880,916	-0,151	-818,590
$\text{S} + \text{Zn} \rightarrow \text{ZnS}$	S _М	-205,836	-0,017	-198,68
	S _Г	-320,995	-0,453	-133,910
$\text{Zn} + 5\text{S} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ZnS} + 2\text{H}_2\text{S} + 2\text{SO}_2$	S _М	-363,010	0,165	-431,290
	S _Г	-938,803	-2,013	-107,41
$3\text{S} + 2\text{CuO} \rightarrow 2\text{CuS} + \text{SO}_2$	S _М	-82,811	0,191	-161,77
	S _Г	-428,286	-1,116	32,564
$\text{CuO} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{CuS} + \text{H}_2\text{O}$	–	-112,063	0,007	-115,270
$3\text{CuO} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 3\text{Cu} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$	–	-34,233	0,196	-115,460
$\text{S} + 2\text{CuO} \rightarrow 2\text{Cu} + \text{SO}_2$	S _М	24,283	0,189	-54,045
	S _Г	-90,875	-0,246	10,731
$2\text{CuO} + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuSO}_4$	–	-623,639	-0,567	-389,480
$2\text{CuS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO} + 2\text{SO}_2$	–	-812,655	-0,170	-742,41
$2\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO}$	–	-322,771	-0,182	-247,35

Исходя из данных в таблице видим, что значение $\Delta G < 0$ соответствует большей части анализируемых реакций. Это говорит о том, что существует вероятность нейтрализовать газы токсичного происхождения и о том, что во время реакции протекают второстепенные процессы.

Если в реакции в качестве нейтрализаторов были использованы диоксид марганца или доломит, то дополнительно токсичные газы не выделялись. Также стоит отметить, что в процессе реакции образуются продукты, которые не могут вступать в повторное взаимодействие.

Это гарантирует, что диоксид марганца и доломита являются достаточно эффективными для проведения нейтрализации газов токсичного происхождения.

В процессе химической реакции Zn с SO₂ самый высокий эффект отмечается в реакции, в которой происходит образование сульфида и оксида цинка, а во время химической реакции Zn или ZnO с H₂S самый высокий эффект показывает реакция, в результате которой образуется сульфид цинка и водород. Здесь нужно отметить, что при образовании водорода может увеличиться количество токсичных газов. Также при применении Zn или ZnO эмиссии токсичных газов реакции с образованием продуктов, способных еще раз вступать во взаимодействие и выделять токсичные газы, не происходит. Это говорит о том, что использование оксида цинка или металлического цинка не является достаточно результативным для того, чтобы нейтрализовать диоксид серы и сероводород.

В процессе химической реакции между CuO и H₂S отмечается реакция, в процессе которой происходит выделение воды и сульфида меди. Во время взаимодействия этих соединений происходит окисление сульфида меди и образование диоксида серы. При этом продукты реакции могут вступать в повторную реакцию, если к ним добавить кислород, а также способны еще

раз вступать в цикл нейтрализации, при котором происходит образование сульфата меди. Из данной информации можно сделать вывод, что CuO в сравнении с Zn и ZnO является наиболее результативным.

Заключение

Наибольшая результативность при уменьшении эмиссии токсичных газов наблюдается при использовании в качестве нейтрализаторов CuO и MnO₂ в составе серобитумного вяжущего. Использование оксида цинка и металлического цинка в виде нейтрализатора является недостаточно результативным, если нужно произвести нейтрализацию сероводорода и диоксида серы, так как оксид цинка только увеличивает выделение газов токсичного происхождения. Цена на доломит является более низкой, поэтому его применение считается наиболее популярным и результативным. Нейтрализаторы, которые могут вступать во взаимодействие с диоксидом серы и сероводородом, могут образовывать нерастворимые или малорастворимые соединения, позволяющие решить экологическую проблему производства сероасфальтобетонов.

Основной задачей дальнейшей разработки исследования является поиск технологии изготовления модификатора, содержащих эффективные нейтрализаторы эмиссии токсичных газов, обеспечивающих пролонгацию начала их действия.

Список литературы

1. Кирюхин Г. Н. Температурные режимы работы асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / Г. Н. Кирюхин // Дороги и мосты. – 2013. – № 2 (30). – С. 309–328.
2. Нгуен, В. Л. Исследование влияния структуры минерального состава на устойчивость и пластичность асфальтобетона / В. Л. Нгуен, Д. Ш. Нгуен // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2017. – № 1(19). – С. 25–30.
3. Inozemtcev S. S. Increasing the weathering resistance of asphalt by nanomodification/ S. S. Inozemtcev, E. V. Korolev // Materials Science Forum. – 2019. – № 945. – С. 147–157.
4. Yang R. Life-Cycle Assessment of Using Sulfur-Extended Asphalt (SEA) in Pavements/ R. Yang, H. Ozer, Y. Ouyang, A. H. Alarfaj, K. Islam, M. I. Khan, K. M. Khan, F. I. Shalabi // Airfield and Highway Pavements 2019: Innovation and Sustainability in Highway and Airfield Pavement Technology. – 2019. – С. 183–192.
5. Yeoh D. Exploratory study on the mechanical and physical properties of concrete containing sulfuric/ D. Yeoh, K. H. Boon, N. Jamaluddin // Journal Technology Sciences & Engineering. – 2015. – № 77 (32). – С. 179–188.
6. Gladkikh V. A. Sulfur-extended High-performance Green Paving Materials/ V. A. Gladkikh, E. V. Korolev, O. I. Poddaeva, V. A. Smirnov // Advanced Materials Research. – 2015. – № 1079. – С. 58–61.
7. Inozemtcev S. Method of Modifying of Mineral Fillers for Asphalt Concrete by Calcium Polysulfide/ S. Inozemtcev, E. Korolev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – № 661(1).
8. Васильев Ю.Э. Исследование устойчивости дорожно-строительных материалов к износу в условиях, приближенных к эксплуатационным/ Ю. Э. Васильев, А. В. Ивачев, И. С. Братищев // Вестник евразийской науки. – 2014. – № 5 (24).
9. Сабиров Р. Ф. Анализ известных способов переработки серы в серобетон, сероасфальт и другие продукты / Р. Ф. Сабиров, А. Ф. Махоткин // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – № 19 (20). – С. 69–72.
10. Гладких В. А. Техничко-экономическая эффективность применения сероасфальтобетонов / В. А. Гладких, Е. В. Королев // Вестник МГСУ. – 2013. – № 4. – С. 76–83.
11. Le H. T. The efficiency of sulfur modifier to neutralize toxic gases in sulfur-asphalt concrete technology/ H. T. Le, S. Inozemtcev, E. Korolev, A. Grishina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020.
12. Ле Х. Т. Эффективность различных нейтрализаторов эмиссии токсичных газов в технологии сероасфальтобетона/ Х. Т. Ле, В. А. Гладких, Е. В. Королев // Строительство и реконструкция. – 2020. – № 2 (88). – С. 143–150.



13. Тухарели А. В. Технология модифицированных эффективных цементных бетонов с использованием отходов лакокрасочного производства / А. В. Тухарели, Т. К. Акчурин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2014. – № 2 (8). – С. 48–51.

14. Васильевская Г. В. Сeroасфальтобетон / Г. В. Васильевская, Д. Р. Назиров // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2011. – № 4 (6). – С. 696–703.

15. Алехина М. Н. Сeroасфальтобетонные смеси / М. Н. Алехина, Ю. Э. Васильев, Н. В. Мотин, И. Ю. Сарычев // Строительные материалы. – 2011. – № 10. – С. 12–13.

© *Ле Хью Туан, Ву Нгок Туен, С. Р. Меликсетян*

Ссылка для цитирования:

Ле Хью Туан, Ву Нгок Туен, Меликсетян С. Р. Применение термодинамического расчета для определения эффективности нейтрализаторов эмиссии токсичных газов в сeroасфальтобетоне // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 1 (43). С. 14–20.

УДК 624.078

DOI 10.52684/2312-3702-2022-42-4-20-25

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАТФОРМЕННОГО СТЫКА
ДУХСТОРОННЕГО ОПИРАНИЯ ПУСТОТНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ
С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ**

А. В. Белов, Н. Л. Тишков, П. П. Осипов

Белов Андрей Владимирович, старший преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство», Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация, тел. +7 (924) 217-11-73; e-mail: belov1504@mail.ru;

Тишков Николай Леонидович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство», Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация, тел. +7 (924) 301-75-04; e-mail: 006869@pnu.edu.ru;

Осипов Павел Павлович, преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство», Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация, тел.: +7 (924) 104-14-17; e-mail: 006254@pnu.edu.ru

Платформенный стык является элементом, ответственным за обеспечение конструкционной безопасности здания и сооружения в целом. Поэтому исследования, направленные на изучение работы этих стыков являются актуальными как для вновь возводимых зданий, учитывая необходимость увеличения этажности, так и при их реконструкции во время надстройки зданий. В работе рассматривается частный случай на примере натурных испытаний платформенных стыков с характерным дефектом, часто допускаемым на строительной площадке, таким как увеличенная толщина растворного шва. При этом увеличение толщины растворного шва характерно для стыков с пустотными плитами, так как высота плит также непостоянна (брак). Анализ результатов испытаний подтвердил, что отклонения от проектных решений может привести к аварийной ситуации. Для развития (восстановления) высотного панельного домостроения необходимо продолжать научно-исследовательские работы в этой сфере для обеспечения безаварийной эксплуатации как возведенных, так и строящихся зданий.

Ключевые слова: здание, испытание, платформенный стык, растворный шов, пустотная плита.

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE PLATFORM JOINT OF THE TWO-SIDED SUPPORT
OF HOLLOW FLOOR SLABS, TAKING INTO ACCOUNT POSSIBLE DEVIATIONS
DURING CONSTRUCTION**

A. V. Belov, N. L. Tishkov, P. P. Osipov

Belov Andrey Vladimirovich, Senior Lecturer of the Department of Industrial Civil Engineering, Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation, phone: +7 (924) 217-11-73; e-mail: belov1504@mail.ru;

Tishkov Nikolay Leonidovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Civil Engineering, Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation, phone: +7(924)301-75-04; e-mail: 006869@pnu.edu.ru;

Osipov Pavel Pavlovich, Lecturer of the Department of Industrial Civil Engineering, Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation, phone: +7 (924) 104-14-17; e-mail: 006254@pnu.edu.ru