

ВЫБОР ВИДА МОДЕЛИ ТЕПЛООБМЕНА АСФАЛЬТОБЕТОНА В ПРОЦЕССЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ

CHOICE OF MODEL HEAT EXCHANGE ASPHALT CONCRETE IN TRANSPORTATION PROCESS

Nguyen Thanh Tuan

Summary. In the article, the author considers the nature change in temperature of the asphalt concrete mixture both in thickness and in time. And the choice of the type of asphalt concrete heat transfer model during transportation. This will make it possible to evaluate the effectiveness of the proposed management and create prerequisites for the practical implementation of the control system for the temperature of asphalt concrete mixture from the asphalt concrete plant to the place of its construction.

Keywords: Manage temperature, transport asphalt, temperature asphalt, temperature asphalt mixture when it is unloaded into asphalt paver, conditions transportation asphalt-concrete mixture.

Нгуен Тхань Туан

*Аспирант, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
thanhtuanuct2@gmail.com*

Аннотация. В статье автор рассматривает характер изменения температуры асфальтобетонной смеси как по толщине слоя, так и во времени. И выбор вида модели теплообмена асфальтобетона в процессе транспортировки. Это позволит оценить эффективность предлагаемого управления и создаст предпосылки для практической реализации системы управления температурой асфальтобетонной смеси от асфальтобетонного завода до места ее укладки.

Ключевые слова: управление температурой, транспортировка асфальтобетонной смеси, температура асфальтобетонной смеси при ее выгрузке в асфальтоукладчик, учет условий транспортировки асфальтобетонной смеси.

Введение

Разрабатываемая модель, теплообмена процесса транспортировки асфальтобетонной смеси для подсистемы управления должна обеспечивать учет влияния вышеупомянутых факторов на температуру смеси на месте ее укладки, на распределение температуры смеси по ее объему и на сегрегацию асфальтобетонной смеси.

Разработанная модель будет использована и непосредственно в САУ для расчета соответствующего управляющего воздействия рисунок 1.

В работах Доценко А.И., Воробьева В.А., Суворова Д.Н. [1] рассматривается задача оценки динамического распределения температуры асфальтобетонной смеси в кузове самосвала в процессе его движения от АБЗ до объекта.

Данная задача относится к классу задач нестационарной теплопроводности, так как температура смеси изменяется во времени. Основные допущения, принятые при моделировании, можно представить в следующем виде:

- ◆ материал — асфальтобетонная смесь — изотропное твердое тело;
- ◆ асфальтобетонная смесь в кузове автосамосвала рассматривается как неограниченная пластина (рисунок 2) толщиной $2R$;

- ◆ пластина тонкая и, следовательно, можно пренебречь теплоотводом с ее торцов;
- ◆ условия охлаждения не изменяются вдоль поверхностей пластины;
- ◆ начальное распределение температуры равномерен или, по крайней мере, одномерное, изменяющееся только вдоль координаты x .

Принятые допущения приводят к одномерной задаче. Количественный анализ должен привести к конкретному выражению для температурного поля пластины:

$$t(x, t) \quad (1)$$

Условия охлаждения определим, указав значения коэффициента теплоотдачи α и температуры охлаждающей среды t_B .

Для нашего случая следует рассматривать граничные условия III рода (симметричная задача).

В процессе загрузки асфальтобетонной смеси в кузов самосвал на АБЗ применяются определенные схемы, которые способствуют выравниванию уровня смеси в кузове самосвала в процессе его движения.

Таким образом, в случае выбора представленной модели (рисунок 2) мы принимаем следующее:

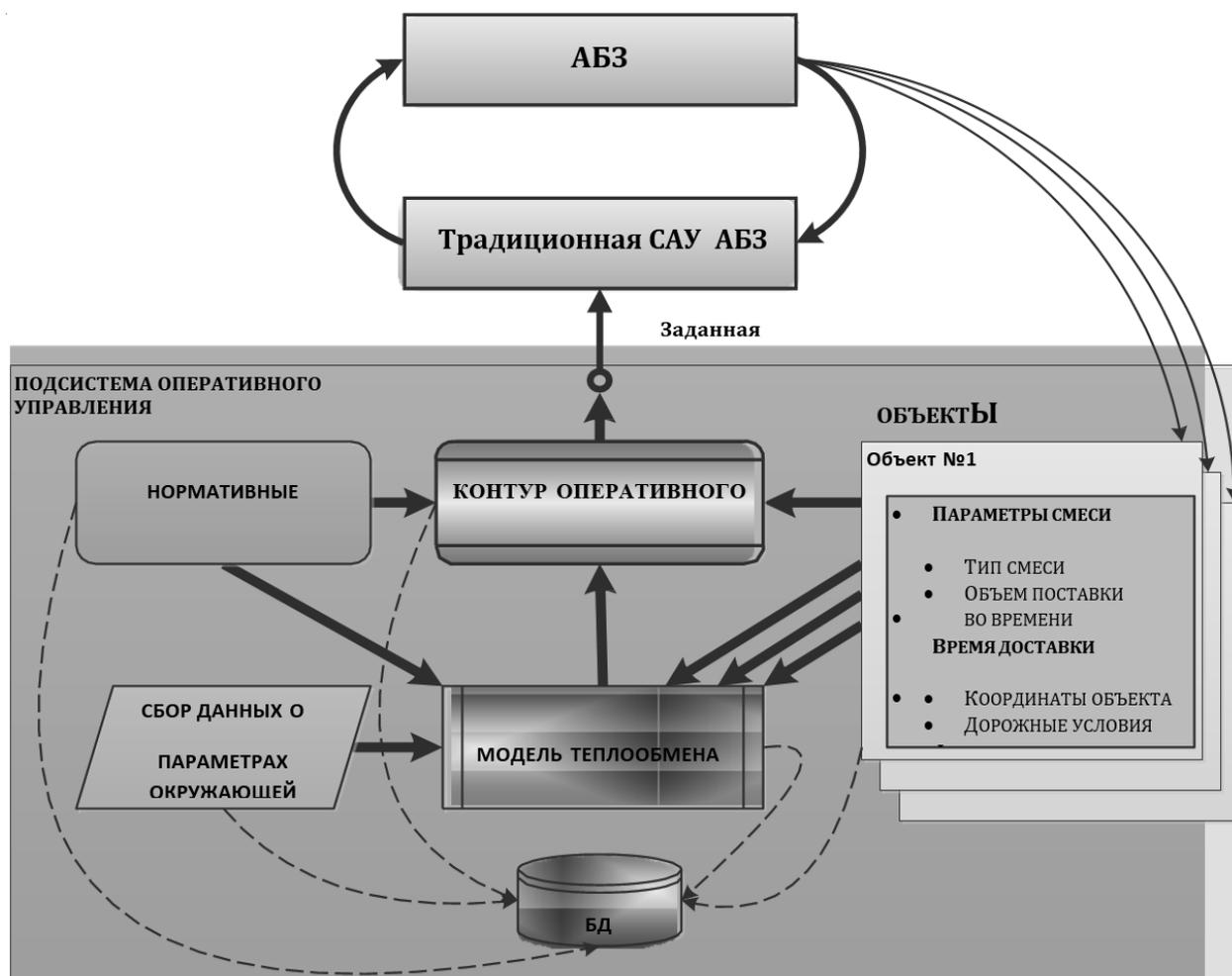


Рис. 1.Обобщенная структура подсистемы САУ АБЗ управления температурой асфальтобетонной смеси

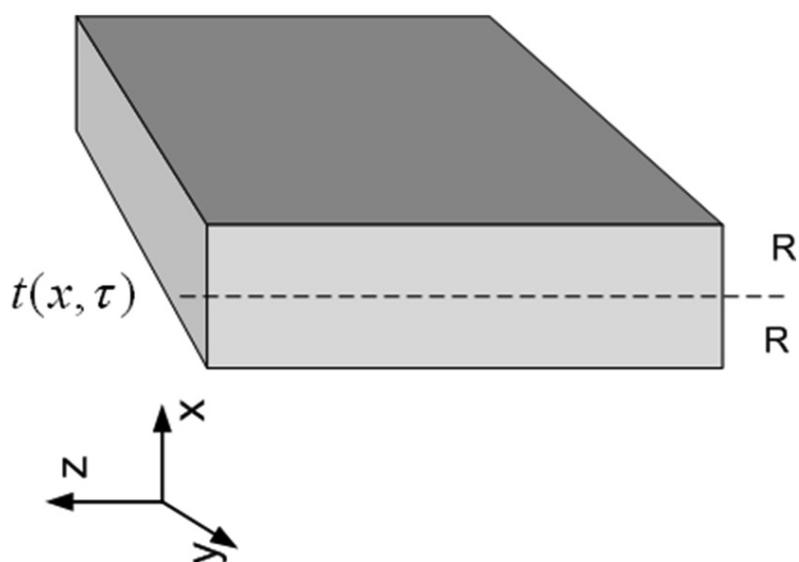


Рис. 2.Модель в виде пластины

Таблица 1. Исходные данные моделирования

Параметр	Обозначение	Значение	Примечание
Удельная теплоемкость смеси, [Дж/кг°C]	c	1715...1850	
Коэффициент теплопроводности, [Вт/м оС]	λ	0,83...1,56	
Плотность смеси, [кг/см ³]	ρ		
Коэффициент теплообмена, [Вт/м ² °С]	α	18 5,2...18 5,2...18 9,5+1,7(v+V) 5,2...9,5+1,7(v+V) 5,2...9,5+1,7(v+V)	Значение 5,2 для кузова с обогревом выхлопными газами. При скорости ветра до 5 м/с. Иначе 9,5+1,7v v- скорость ветра, м/с; V- скорость транспортирования, м/с
Загрузка/выгрузка			
верх			
стенки			
днище			
Перевозка			
верх			
стенки			
днище			
Термическое сопротивление утеплителя смеси, [м ² °С/Вт]		9,0	
резент	R_u	26,0	
мешковина		950,0	
минеральная вата (толщ. 0,05 м)			
Площадь теплообмена, [м ²]	$S_{TO}^{Верх}$	7,0 3,0 6,0	Для МАЗ-503
верх	$S_{TO}^{Стенки}$		
стенки	$S_{TO}^{Днище}$		
днище			
Температура окружающей среды, [°С]	t_B	-10...+40	

- ◆ теплоотвод с боковых бортов самосвала отсутствует;
- ◆ теплоотвод с переднего и заднего борта отсутствует;
- ◆ учитывается теплоотвод с днища кузова и с верхней поверхности смеси в кузове.

Площадь теплообмена (таблица 1) днища кузова и верхней поверхности смеси в кузове составляет — 16 м² (Для МАЗ 503), а площадь теплообмена боковых стенок — 3 м². Это является обоснованием предложенного подхода.

В работе [1] представлены результаты моделирования процесса теплообмена, например (рисунок 3).

Представленные на рисунке (рисунок 3) данные должны интерпретироваться следующим образом:

1. точка на оси абсцисс, соответствующая значению , это соответствует средней линии слоя асфальтобетонной смеси в кузове самосвала;
2. точка на оси абсцисс, соответствующая значению , это соответствует верхней поверхности смеси в кузове самосвала.
3. таким образом, рисунок (рисунок 3) должен быть повернут (рисунок 4). Необходимо отметить, что

на этом рисунке представлена верхняя половина слоя смеси.

Необходимо сделать следующие замечания относительно моделирования процесса теплообмена при транспортировке асфальтобетонной смеси от АБЗ к объекту.

1. Условия охлаждения смеси через днище кузова и верхнюю поверхность смеси в кузове различны. Поэтому результаты не симметричны относительно среднего слоя смеси. Конкретные результаты зависят от наличия обогрева кузова и от наличия укрытия смеси, и от материала этого укрытия (таблица 1). Для повышения точности моделирования необходимо учитывать эти факторы. Хотя в процессе моделирования мы будем рассматривать симметричную задачу.
2. Рис. 2.представляет модель, в которой потерями тепла через боковые стенки кузова пренебрегают. Из-за этого предложенное решение (рисунок 3) справедливо только для центральной зоны кузова. Если распространять найденное распределение температуры на весь кузов, то оценка температуры будет завышена.
3. При моделировании процесса теплообмена асфальтобетонной смеси в кузове самосвала во вре-

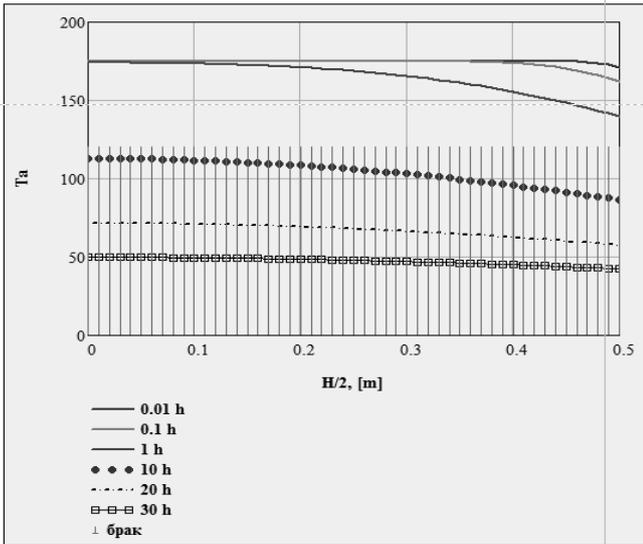


Рис. 3.Изменение температурных полей в асфальтобетонной смеси при транспортировке (коэффициент теплопроводности $\lambda=0,8$ толщина пластины $h=0.5$ m, укрытие отсутствует, скорость ветра ≤ 5 м/с, скорость самосвала = 40 км/ч, число Био = 11,5)

мя его движения в работах Суворова Д. Н., Джабраилов Х.А [4] учитывается скорость ветра. Очевидно, что наиболее существенное влияние ветер оказывает на теплообмен через боковые стенки кузова, а в предложенной модели (рисунок 2) теплообмен через боковые стенки кузова вообще не рассматривается. Верхняя поверхность асфальтобетонной смеси (наличие укрытия в данном случае не имеет значения) расположена существенно ниже, чем верхняя граница бортов кузова самосвала, которые, следовательно, защищают смесь от действия ветра. Таким образом, в данной модели (рисунок 2), можно не рассматривать влияние ветра на теплообмен.

Альтернативой плоской модели (рисунок 2) является модель распределения температуры в теле конечных размеров (рисунок 5). В тех случаях, когда моделируемое тело может быть образовано путем взаимного пересечения неограниченных пластин (например, параллелепипед или куб) или неограниченных пластин с цилиндром то поле температур такой фигуры может быть рассчитано на базе результатов для плоской пластины и цилиндра.

Так параллелепипед (рисунок 5) образован пересечением плоских пластин:

- ♦ в плоскости X толщиной;

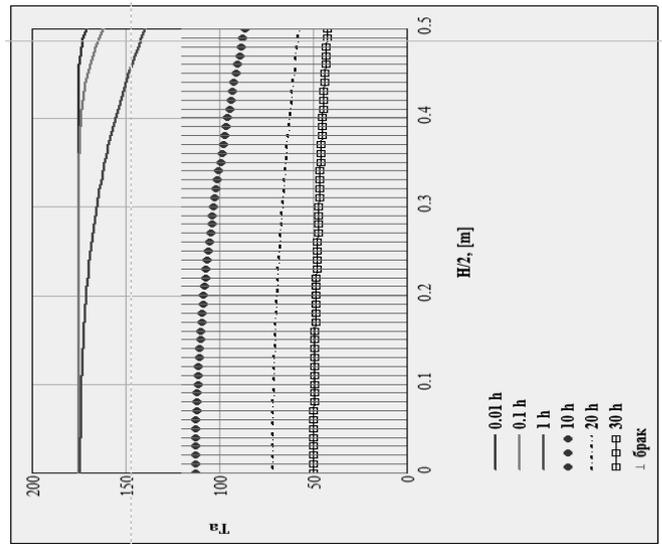


Рис. 4.Повернутый рисунок.

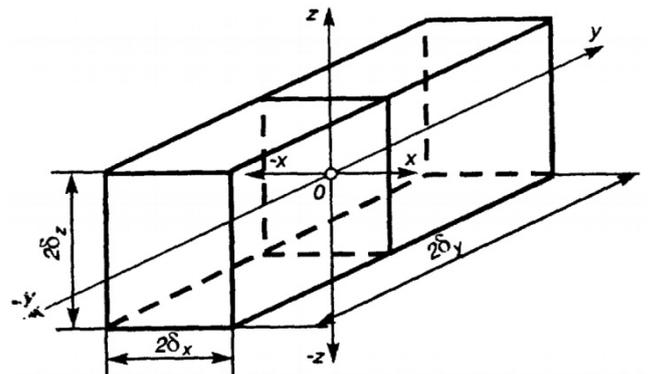


Рис. 5.Модель в виде параллелепипеда

- ♦ в плоскости Y толщиной;
- ♦ в плоскости Z толщиной.

Тогда для параллелепипеда (рисунок 5) поле температур можно записать в виде [2,3]:

$$\bar{\theta} = \bar{\theta}_x \bar{\theta}_y \bar{\theta}_z = \left[\frac{t_f - t(x, \tau)}{t_f - t_0} \right] \left[\frac{t_f - t(y, \tau)}{t_f - t_0} \right] \left[\frac{t_f - t(z, \tau)}{t_f - t_0} \right] \quad (2)$$

Где $\bar{\theta}_x \bar{\theta}_y \bar{\theta}_z$ — поле температур в соответствующей плоскости;

t_f — температура окружающей среды;

t_0 — начальная температура тела (в данном случае – параллелепипеда);

время с начала процесса (в момент времени $t = 0$ параллелепипед помещают в среду с температурой $t_f < t_0$)

Решение (2) справедливо и для средних температур

$$\bar{\theta}_m = \bar{\theta}_{x_m} \bar{\theta}_{y_m} \bar{\theta}_{z_m}$$

Сравнение плоской модели (рисунок 2) и модели тела конечных размеров (параллелепипеда) (рисунок 5) показывает, что геометрически модель (рисунок 5) больше соответствует асфальтобетонной смеси в кузове самосвала. При рассмотрении теплообмена в модели (рисунок 5) учитывается теплообмен не только через верх кузова и днище, но и через боковые стенки.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что модель (рисунок 5) более адекватна реальным условиям транспортировки асфальтобетонной смеси от АБЗ к объекту, чем модель (рисунок 2).

Однако повышение адекватности модели и, следовательно, точности расчетов приводит к более сложным моделям и расчетам.

Вместе с тем на процесс теплообмена и на поле температур асфальтобетонной смеси в кузове самосвал оказывает существенное влияние значительное число случайных факторов [5]:

- ◆ Схема загрузки асфальтобетонной смеси в каждой загрузке самосвала несколько различается, что изменяет фактическую толщину слоя смеси.
- ◆ В процессе движения погодные условия изменяются многократно (солнце, ветер, дождь), что оказывает не учитываемое влияние на теплообмен.

- ◆ Дорожные условия в процессе движения меняются многократно, что увеличивает вариации времени и скорости доставки асфальтобетонной смеси к объекту в каждой транспортной операции.
- ◆ Такие характеристики асфальтобетонной смеси как теплоемкость, плотность и другие для каждого самосвала не уточняются, а используются усредненные оценки для партии продукции.

Таким образом, точность исходных данных невысока, поэтому нет необходимости использовать более точную и более сложную модель, а достаточно ограничиться плоской моделью (рисунок 2). Это тем более справедливо в условиях, когда в настоящее время оперативная оценка потерь тепла асфальтобетонной смесью при транспортировке вообще не проводится.

Заключение

При разработке модели нас будет интересовать (в первую очередь) возможность оценки вариации распределения температурных полей в асфальтобетонной смеси в зависимости от вариантов условий доставки. Это знание создаст предпосылки для реализации системы оперативного управления температурой асфальтобетонной смеси на выходе АБЗ для компенсации влияния процесса транспортировки асфальтобетонной смеси от АБЗ к месту ее укладки и уплотнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В. А., Доценко В. И., Суворов Д. Н., Котлярский Э. В., Попов В. А. Компьютерное моделирование в автоматизации производства асфальтобетонной смеси. Книга 2. Практические разработки. — Москва, Изд-во Российской инженерной академии, 2008. — 481 с.
2. Тепломассообмен в энергетических установках — С Электронный курс — А. П. Солодов. — http://twf.mpei.ac.ru/solodov/HMT-eBook_2009/index.htm
3. Truyền nhiệt và tính toán thiết bị trao đổi nhiệt — Hoàng Đình Tín. Trang 106
4. Влияние температуры асфальтобетонной смеси на качество ее уплотнения / Суворов Д. Н., Джабраилов Х. А. Автоматизация и управление в технических системах. — 2014. — № 1.2;
5. Анализ возможных решений проблемы поддержания температурного режима асфальтобетонной смеси при транспортировке / Суворов Д. Н., Нгуен Тхань Туан / Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2018. — № 1 (52). — С. 100–106.

© Нгуен Тхань Туан (thanhtuanuct2@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»