

УДК 541.126.662.62.001.5

В.С. СЕВЕРЯНИН, канд.техн.наук,
Е.М. ДЕРЕЩУК, инженер (БИСИ)

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ УСТРОЙСТВАМИ
ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ**

В промышленной энергетике используется много устройств, в которых теплопроводность нагреваемого материала ограничивает их производительность. Например, процесс термического разжижения битумов имеет предел по производительности, обусловленный теплопроводностью этого материала, несмотря на высокие значения коэффициентов теплоотдачи от греющей поверхности к битуму.

Созданная промышленная битумоплавильная установка с устройствами пульсирующего горения [1] имеет производительность в несколько раз выше по сравнению с обычными битумоплавильными установками.

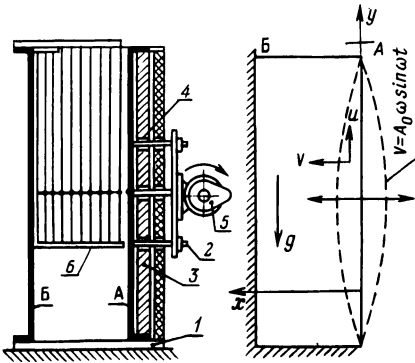


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

Повышенную производительность нельзя объяснить только высокими значениями коэффициента теплоотдачи от горячих пульсирующих топочных газов к стенке теплообменника. Для исследования процесса нагрева битума была изготовлена экспериментальная установка, имитирующая разогрев битума с вибрациями, характерными для устройства пульси-

рующего горения. На рис. 1 в поперечном разрезе изображена экспериментальная установка. Она имеет станину 1, к которой жестко крепится необогреваемая пластина Б. На расстоянии 0,04 м от нее с помощью четырех направляющих болтов 2 в опорном кронштейне 3 на втулках 4 удерживается подвижная греющая пластина А размерами 0,5х0,5 м. Для возбуждения колебаний к пластине А крепится механический вибратор с дебалансами 5. Пластина А колеблется в направлении, перпендикулярном ее плоскости, со скоростью

$$V = A_0 \omega \sin \omega t,$$

где A_0 — амплитуда смещения; ω — угловая частота.

Боковые зазоры и днище между пластинами А и Б закрыты стеклотканью, пропитанной специальным термостойким составом. По контуру эластичных ограждающих стенок установлены компенсирующие электронагреватели.

ли. Пластина А нагревалась электронагревателями (на рис. 1 не показаны) мощностью 4 кВт. В зазоре между пластинами А и Б установлена перемещающаяся специальная рамка 6 с термопарами. В пластины также зачеканены термопары. Вибрации замерялись вибрографом в центре пластины А. Показания термопар записывались на диаграммной ленте автоматическим 12-точечным потенциометром КСП-4.

Порядок опыта был следующий. Предварительно емкость между пластинами заполнялась горячим битумом. После его остывания готовились механические и электрические схемы установок на заданные параметры. Амплитуда смещения A_0 в опытах изменялась в пределах (0,35–0,85) мм путем смены дебалансов вибратора, а частота в пределах (30–96) Гц – изменением скорости вращения вала вибратора. Диапазон этих параметров соответствовал работе устройств пульсирующего горения, которые давали такие же вибрации стенок разжижителей битума. Затем одновременно включались электронагреватели и вибратор (для опытов с вибрациями) и регистрирующие приборы. Нагреватели выходили на стационарный режим за 15–30 с. Опыт прекращался при визуальной фиксации полного разогрева битума в верхней части ванны, когда поверхностный слой битума начинал фонтанировать. При этом отмечено, что длительность опыта с вибрациями была в 1,5–2 раза меньше, чем без вибраций.

На рис. 2 показано изменение температуры битума в разных точках перпендикулярно средней части пластины при $A_0 = 0,5$ мм, частота 40 Гц. Номера графиков без штрихов – нагрев с вибрациями; со штрихами – без вибраций. Чтобы не усложнять картину, нанесены только некоторые температурные кривые: 1 – точка у поверхности пластины (А); 5 – на расстоянии 7 мм от нее; 9 – на расстоянии 27 мм; 11–17 мм.

Все опытные данные идентичны друг другу. Заметно особое влияние пульсаций на внутренние части объема битума. Важно отметить, что интенсифицируется теплообмен не столько для жидкой фазы битума, сколько в еще неразжиженном битуме. Из анализа температурных кривых следует, что вибрация оказывает меньшее влияние на температурный режим для слоя, прилегающего к обогреваемой стенке, чем для дальних слоев; для слоя возле неподвижной холодной стенки Б воздействие вибраций снова уменьшается.

В рассматриваемом явлении, вероятно, вибрации ведут к росту коэффициента температуропроводности

$$a = \lambda / \rho c,$$

к изменению реологических свойств битума как неньютоновской жидкости,

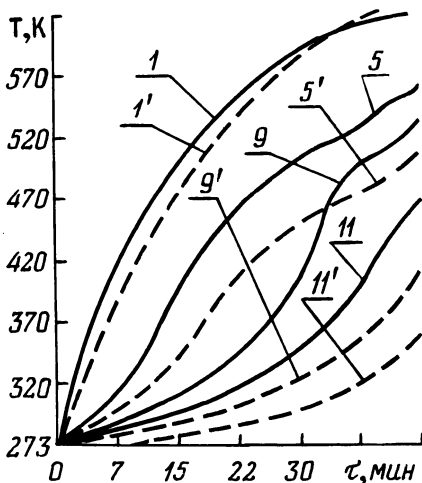


Рис. 2. Изменение температуры в массиве битума.

к внутренним механическим воздействиям жидкой фазы на твердую (внутренняя эрозия благодаря наличию составляющих V и U , вихревых перемещений и т.п.), что деформирует нестационарное температурное поле

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right).$$

При вибрациях темп роста температуры $\partial T / \partial \tau$ в некоторых точках массива битума в несколько раз превышает эту скорость для температурного поля без вибраций. Это, безусловно, означает и заметный рост второй производной температуры по расстоянию. Объяснение этому следует искать в термодиффузионных особенностях рассматриваемого процесса. Анализ нестационарного температурного поля с вибрационным воздействием является предметом отдельного исследования.

Возможен прямой переход энергии колебательного перемещения в теплоту, однако в данном случае этот фактор пренебрежим, так как: а) энергия колебаний (двигатель дебаланса) на порядок меньше энергии подводимого потока; б) эффект вибрации количественно различен по объему, при прямом переходе воздействие было бы равномерным; в) включение только одного вибратора не приводило к ощутимым изменениям температуры в битуме.

В отечественной литературе [2] известны только семь работ, в которых изучались процессы нагрева битумов. И только в одной работе В.Д. Портнягиным [3] изучались процессы нагрева битума с использованием виброподогревателей в битумоплавильных котлах.

Представленные графики изменения температуры нагреваемого битума во времени и в объеме с вибрациями стенок и без вибраций получены впервые; имеющиеся литературные данные не дают нестационарных температурных полей в разогреваемой массе битума при воздействии колебаний. Полученные экспериментальные данные четко фиксируют усиление теплопроводности при наложении на теплообменные системы вибраций, характерных при работе устройств пульсирующего горения. Этим, в частности, объясняется высокая производительность термических разжижителей битума с пульсирующим горением.

Исследование показало перспективность использования устройств пульсирующего горения в технологических процессах, где определяющим является процесс теплопроводности (нагрев различного назначения, плавление, термическая дегазация и т.д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Северянин В.С., Дерещук Е.М., Врублевский Э.В. Термический разжижитель битума с пульсирующим горением. Экспресс-информация НИИТЭЖИМ. — М., 1978, № 5, с. 4—6.
2. Соловьев Б.Н. Исследование послыоного разогрева битума, применяемого в дорожных одеждах. — Дис. ... канд. техн. наук. — М., 1978. — 150 с.
3. Портнягин В.Д., Михайлов Н.В. К вопросу о влиянии вибрирования подогревателя на конвективный теплообмен и реологические свойства битумов. — Физико-химическая механика дисперсных структур. — М.: Наука, 1966, с. 126—131.