

фикации теплообмена при кипении этилового спирта. В области повышенных тепловых нагрузок  $q > 25$  кВт/м<sup>2</sup> величины коэффициентов теплоотдачи не зависели от давления. В промежуточном диапазоне тепловых потоков влияние давления монотонно снижалось.

#### Список литературы

1. Овсянник А.В. Некоторые особенности кипения жидкостей в горизонтальных кольцевых каналах // Теплообмен – ММФ–2000: Труды 4-го Минского международного форума по тепло- и массообмену. – Минск: АНК ИТМО НАНБ, 2000. – Т. V. – С. 193–197.

2. Кипение ацетона на горизонтальных трубах с поперечным оребрением в кольцевом канале / А.В. Овсянник,

Получено 17.05.2004

**A.V. Ovsianik, D.A. Drobyshevski, V.M. Ovchinnikov, A.M. Myslik.** Influence of pressure on the intensity heat exchange at the boiling of ethyl spirit on nonisothermal surfaces in heat exchange apparatus.

The results of experiments investigation the saturation pressure effect on the heat exchange during boiling of acetone and ethyl spirit on the sides ribbed longitudinally with different rib profile are presented here. The plots are obtained here:  $\Delta T = f(p_s)$ ,  $\alpha = f(p_s/p_{sp})$  and the indicator of severity of exposure to heat exchange while boiling process by pressure influence is calculated here too.

*Н.А. Вальченко, Д.А. Дробышевский и др.* // Вестник ГГТУ. – 2002. – № 2. – С. 31–37.

3. Толубинский В.И. Теплообмен при кипении. – Киев: Наукова думка, 1980. – 316 с.

4. Кутенов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании. – М.: Высшая школа, 1986. – 448 с.

5. Исаченко В.П., Оситова В.А. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.

6. Данилова Г.Н., Тихонов А.В. Экспериментальное исследование теплообмена при кипении холодильных агентов на интенсифицированных поверхностях теплообмена // Кипение, кризисы кипения, закритический теплообмен: Тр. первой российской национальной конференции по теплообмену (Россия, ноябрь 1994). – М.: Изд-во МЭИ, 1994. – Т. 4. – С. 91–95.

---

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2004. № 1(8)

---

УДК 548.75:678.746.222

*Г. Я. МУСАФИРОВА, ассистент; Пинский филиал Белорусского государственного экономического университета, г. Пинск*

## ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ИСПАРЕНИЯ СМЕСЕЙ РАСТВОРИТЕЛЕЙ СО СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Исследована кинетика испарения ацетона и гексана со свободной поверхности, а также их смесей в оптимальном соотношении. Определены оптические свойства исследуемых смесей растворителей. Полученные результаты можно использовать для изучения структуры разработанных материалов, а также для определения времени их высыхания, плотности, жизнеспособности и других технологических и физико-механических характеристик.

**П**одбор смесей растворителей оптимальных составов позволяет значительно расширить диапазон их применения, снизить стоимость разрабатываемых композиционных материалов, что является актуальной задачей современного материаловедения. При разработке композиционных материалов для антикоррозионной защиты подвижного состава, стационарных агрегатов железнодорожного транспорта и машиностроительной техники на основе вторичного полистирола (пенополистирола), модифицированных каучуком и битумом [1–3], были рассчитаны смеси растворителей оптимальных составов ацетона и гексана в следующем процентном соотношении: 30–40 : 60–70 [4], совмещающие взаимодействующие компоненты.

Цель работы – исследование кинетики испарения со свободной поверхности смесей ацетона и гексана в оптимальном соотношении для более полного понимания процессов, протекающих при испарении исследуемых смесей растворителей из различных полимерных композитов при их сушке,

так как этот процесс является опорным для многих расчетов, связанных с испарением жидкости из сложных систем, например, пористых [5]. В связи с этим ставилась задача: выяснить причины повышенной растворимости в смеси растворителей оптимальных составов полистирола (пенополистирола), каучука, битума.

**Методика исследований.** Для проведения экспериментов применялись стеклянные бюксы диаметром 2,5 и 10,5 см, в которые заливали по 3 см<sup>3</sup> растворы как индивидуальных растворителей – ацетона (ГОСТ 2768-84) и гексана (ТУ 2631-00305807999-98), так и их смеси в соотношении 30–40 % ацетона и 60–70 % гексана. Полученные образцы устанавливали на аналитические весы ВЛР 200 и проводили измерения изменения массы бюксов с исследуемыми растворами через равные промежутки времени (5 мин). Численным дифференцированием полученных зависимостей массы образцов от времени испарения рассчитывали скорость испарения как индивидуальных растворителей, так и их смесей.

Оптические свойства исследуемых смесей растворителей изучали с помощью рефрактометра УРЛ (модель И№02-644) и определяли показатели преломления как индивидуальных растворителей ацетона ( $n_d^{20}=1,3558$ ) и гексана ( $n_d^{20}=1,37486$ ), так и их смесей в различных соотношениях. Во время испытаний температура (295 К) и давление (101 кПа) оставались неизменными.

**Результаты исследований.** При смешении индивидуальных растворителей молекулы ацетона и гексана в процессе броуновского движения, соударяясь друг о друга, получают дополнительное ускорение и стремятся покинуть сосуд, при этом скорость их испарения в начальный момент времени имеет максимальное значение (рисунки 1, 2). По истечении 3–5 мин после смешения наблюдается резкое уменьшение скорости испарения оптимально совместимой смеси растворителей, что можно объяснить образованием надмолекулярных структур – ассоциатов (димеры, тримеры и т. д.), которые образуются из одиночных молекул индивидуальных растворителей посредством вандер-ваальсовых, диполь-дипольных и других сил

межмолекулярного взаимодействия. Причем размер и степень агрегации ассоциатов тем меньше, чем больше скорость испарения исследуемой смеси [6].

Высказанное предположение подтверждают результаты исследования скорости испарения со свободной поверхности смеси растворителей оптимального состава (см. рисунки 1, 2) и скорости испарения индивидуальных растворителей, входящих в исследуемую смесь (рисунок 3).

С течением времени интенсивность испарения взаимодействующих растворителей резко изменяется. Особенно это заметно, если сопоставить рисунки 1 и 2. Интенсивность испарения зависит от площади свободной поверхности: чем меньше площадь свободной поверхности, тем с меньшей интенсивностью изменяется скорость испарения. С большей поверхности испаряется большее количество растворителя, поэтому первоначальная скорость испарения смеси растворителей оптимального состава в 27 раз больше:  $v = 0,0225$  г/мин при  $S = 3,14$  см<sup>2</sup> (см. рисунок 1) и  $v = 0,6$  г/мин при  $S = 70,85$  см<sup>2</sup> (см. рисунок 2).

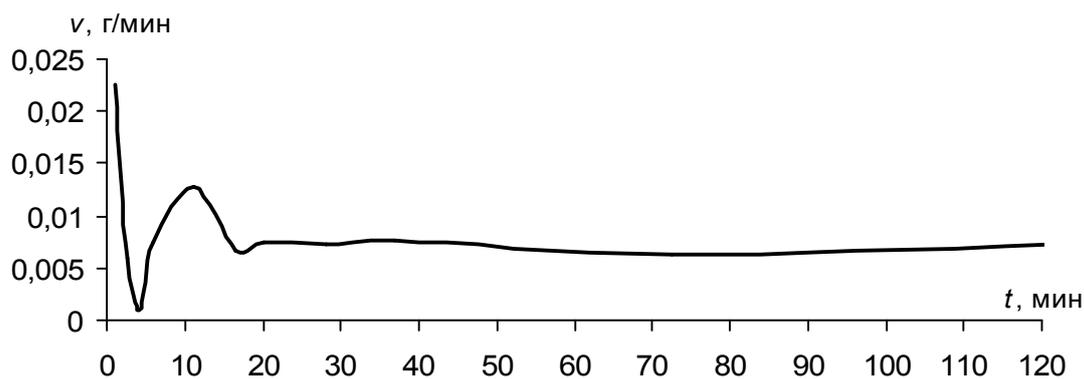


Рисунок 1 – Зависимость скорости испарения смеси растворителей оптимального состава от времени испарения из стеклянного бюкса (свободная поверхность  $S = 3,14$  см<sup>2</sup>)

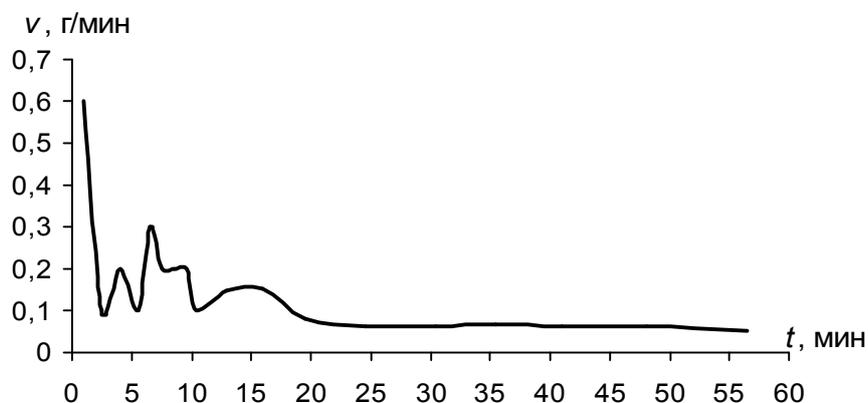


Рисунок 2 – Зависимость скорости испарения смеси растворителей оптимального состава от времени испарения из стеклянного бюкса (свободная поверхность  $S = 70,85$  см<sup>2</sup>)

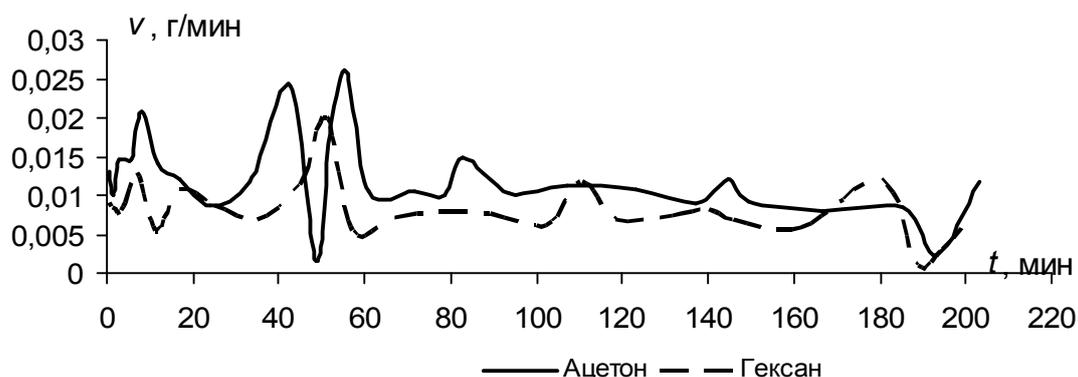


Рисунок 3 – Зависимость скорости испарения индивидуальных растворителей – ацетона и гексана – от времени испарения из стеклянного бюкса (свободная поверхность  $S = 3,14 \text{ см}^2$ )

Следует заметить, что по истечении 20 мин и в первом, и во втором случае скорость испарения смеси растворителей оптимального состава приобретает постоянный характер:  $v \approx 0,06 \text{ г/мин} \approx \text{const}$  при  $S = 70,85 \text{ см}^2$  (см. рисунок 2) и  $v \approx 0,007 \text{ г/мин} \approx \text{const}$  при  $S = 3,14 \text{ см}^2$  (см. рисунок 1). По-видимому, это объясняется испарением из исследуемого состава в первую очередь индивидуальных молекул растворителей, которые более подвижны, и вследствие этого наличием в оставшемся растворе преимущественно ассоциатов (кластеров), которые в дальнейшем медленно диффундируют из объема раствора.

Поскольку из исследуемого состава испаряются достаточно быстро индивидуальные молекулы рас-

творителей – ацетона и гексана, которые более подвижны и легче отрываются от поверхности раствора, поэтому после испарения их с поверхностного слоя скорость испарения исследуемого состава растворителей со свободной поверхности снижается. Далее за счет градиента концентрации из объема раствора диффундирует к поверхности новая порция индивидуальных молекул ацетона и гексана и скорость испарения снова возрастает. Таким образом, зависимость скорости испарения индивидуальных растворителей, входящих в оптимальный состав, от времени испарения имеет циклический характер (см. рисунок 3), при этом молекулы ацетона испаряются быстрее, чем молекулы гексана (см. рисунок 4).

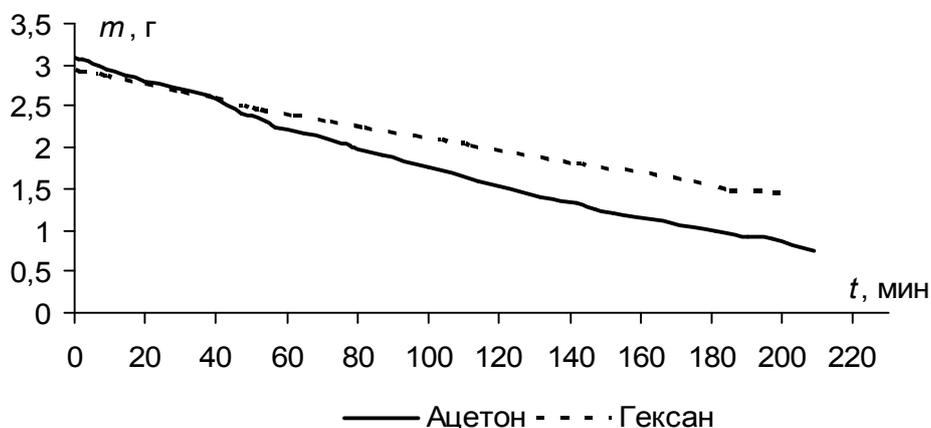


Рисунок 4 – Изменение массы индивидуальных растворителей, входящих в смесь растворителей оптимального состава при испарении из стеклянного бюкса в зависимости от времени испарения

Сопоставление кинетики испарения смеси растворителей оптимального состава (см. рисунки 1 и 2) с кинетикой испарения индивидуальных растворителей (рисунок 3) показывает, что смесь растворителей структурирована в значительно большей степени. Об этом свидетельствует тот факт, что время установления равновесия процесса испарения для смеси растворителей оптимального состава значительно меньше. Это позволяет предположить, что уже через 20 мин в смеси растворителей остаётся только структурированная жидкость. Для

индивидуальных растворителей кинетика испарения имеет неустановившийся характер в течение всего времени проведения эксперимента (см. рисунок 3).

При изучении кинетики испарения растворителей и пластификаторов из полимерных материалов необходимо учитывать, что процесс испарения даже со свободной поверхности жидкости имеет сложный характер. При этом для перехода процесса испарения в установившийся режим требуется некоторое время – 20 мин, как в данном случае.

Показатель преломления является структурно-чувствительным фактором, поэтому любое изменение в строении растворов, например, образование или разрушение ассоциатов, должно отражаться в изменении значения показателя преломления, что и наблюдалось при анализе зависимости показателя преломления смесей растворителей (ацетон : гексан) (рисунок 5).

Наблюдаемое на рисунке 5 максимальное отклонение от почти прямолинейной зависимости показателя преломления растворов в интервале 60 %–70 % концентрации гексана является подтверждением происходящих в исследуемых растворах структурных изменений, что и способствует повышенной растворимости в исследуемых смесях растворителей некоторых полимеров.

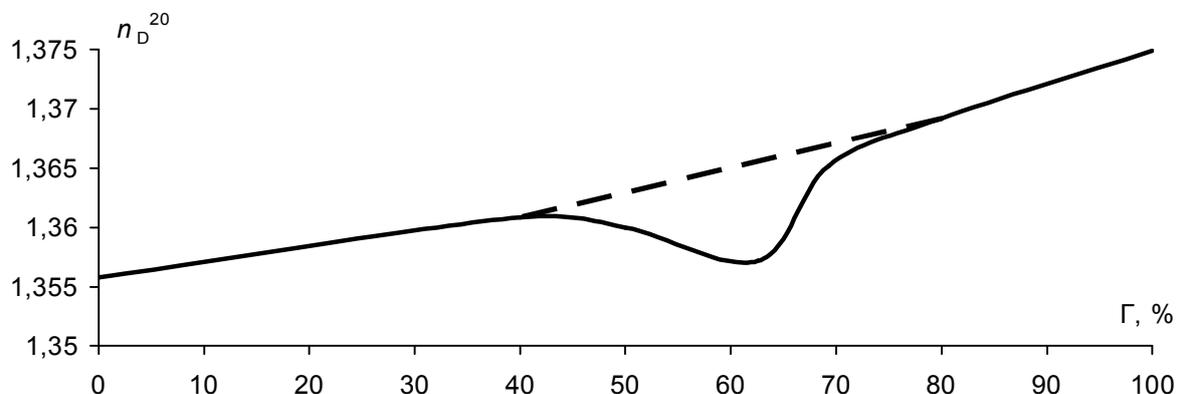


Рисунок 5 – Зависимость показателя преломления смесей растворителей (ацетон : гексан), взятых в различных соотношениях, от процентного содержания гексана

Таким образом, получены зависимости скорости испарения смеси растворителей оптимального состава от времени испарения со свободной поверхности и показателя преломления смесей растворителей, которые необходимы для изучения структуры разработанных материалов, а также для определения времени их высыхания, плотности, жизнеспособности и других технологических характеристик и физико-механических свойств.

#### Список литературы

1 Вербищук Г. Я., Неверов А. С. Защитно-герметизирующий материал на основе полистирола вторичного применения // Актуальные проблемы развития транспортных систем и строительного комплекса: Труды междунар. науч.-практ. конф. – Гомель, 2001. – С.54.

Получено 19.04.2004

**G. Musafirova.** Research of kinetics of transpiration of the mixtures of solvents from the free surface.

The kinetics of transpiration of acetone and hexane from a free surface, and also their mixtures in an optimal relationship is investigated. Optical properties of investigated mixtures of solvents are defined. Obtained results can be used for studying structure, porosity of developed materials, and also for definition of a time of their drying-out, density, viability and other technological and physical-mechanical characteristics.

2 Пат. заявка № а20020400. Полимерная композиция для защитно-герметизирующих покрытий / Г. Я. Вербищук, А. С. Неверов (ВУ). Заявлено 15.05.2002; Оpubл. 12.2003. Офиц. бюл. №4 // Открытия. Изобретения. – 2003. – № 4. – С. 37.

3 Мусафировва Г. Я. Гидроизоляционный материал на основе полистирола, каучука и битума // Прогрессивные технологии, технологические процессы и оборудование: Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Могилев, 2003. – С. 396–397.

4 Вербищук Г. Я. Оптимальный состав смеси растворителей для вторичного полистирола // Сборник материалов научно-технической конференции студентов, аспирантов и магистрантов. – Гомель, 2001. – С. 89–92.

5 Неверов А. С., Гольдаде В. А., Пинчук Л. С. Исследование структуры капиллярно-пористых материалов методом испарения жидкофазного наполнителя // Доклады АН БССР. – 1977. – Т. XXI. – № 3. – С. 221–224.

6 Зубов П. И., Сухарева Л. А. Структура и свойства полимерных покрытий. – М.: Химия, 1982. – 256 с.