

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ  
И ЭКОЛОГИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»

УДК [655:622.694.4.052]519.865

**Коваленко  
Павел Васильевич**

**ТЕХНОЛОГИЯ УПАКОВЫВАНИЯ БИТУМА  
И ДРУГИХ СПЕЦИАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.17.07 – Химия и технология топлив  
и специальных продуктов

Новополоцк, 2008

Работа выполнена на кафедре трубопроводного транспорта и гидравлики в Учреждении образования «Полоцкий государственный университет».

**Научный руководитель – Липский Владимир Константинович,**  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Трубопроводный  
транспорт и гидравлика»,  
Учреждение образования «Полоцкий  
государственный университет»

**Официальные оппоненты: Ковалев Ярослав Никитич,**  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Строительство  
и эксплуатация дорог»,  
Белорусский национальный  
технический университет

**Ткачев Сергей Михайлович,**  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Химическая  
технология топлива  
и углеродных материалов»,  
Учреждение образования «Полоцкий  
государственный университет»

**Оппонирующая организация – ОАО «Нафтан»**

Защита состоится 12 июня в 14<sup>00</sup> часов на заседании совета по защите диссертаций Д 01.23.01 при ГНУ «Институт проблем использования природных ресурсов и экологии Национальной академии наук Беларуси» (220114, г. Минск, ул. Ф. Скорины, д. 10, тел. (017) 267-32-82, факс (017) 267-24-13).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ «Институт проблем использования природных ресурсов и экологии Национальной академии наук Беларуси».

Автореферат разослан 3 мая 2008 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций,  
кандидат технических наук



Т.П. Смычник

## **ВВЕДЕНИЕ**

В развитии многих отраслей промышленности важную роль играют высокозастывающие нефтепродукты (ВЗНП), температура застывания которых выше температуры окружающей среды.

Для обеспечения транспортирования этих нефтепродуктов в твердом состоянии необходимо осуществить их формование в виде определённого конечного объёма. При этом любые схемы формования включают в себя теплообменные процессы, направленные на охлаждение продукта до температуры окружающей среды, обеспечивающей переход ВЗНП в твёрдое состояние с целью упаковывания их в различные упаковочные материалы для сохранения качеств и обеспечения необходимых условий транспортного процесса. В то же время используемые в настоящее время виды тары создают большое число проблем на всех стадиях транспортного процесса, к примеру, при упаковывании битума в крафт-бумажную тару (в процессе налива) может произойти ее разрыв, горячий продукт разливается, создавая опасность для персонала и окружающей среды. При подготовке битума к использованию от него плохо отделяется упаковочная бумага, а её остатки, попадая в битумоплавильные котлы, ухудшают качество битума и мастик. Кроме этого, операции по упаковыванию битума производятся в условиях вредных испарений, что негативно влияет на здоровье обслуживающего персонала. Процессы упаковывания битумов в бумагу, освобождения их от тары плохо поддаются механизации, поэтому требуют больших затрат ручного труда. Отходы бумаги, битума и вредные испарения служат источником загрязнения окружающей среды.

Потери битума из-за несовершенства используемой тары в странах СНГ достигают 15 %. Несвершенство используемых в промышленности способов упаковывания, хранения и транспортирования этих продуктов также обусловлено применяемой тарой.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Связь работы с крупными научными программами, темами**

Работа выполнена в рамках научно-исследовательских работ Полоцкого государственного университета по ГНТП «Биосферосовместимые технологии» – «Ресурсосберегающая экологически чистая технология упаковывания высокозастывающих нефтепродуктов (битумов, парафинов, мастик) в полиэтиленовую пленку» (№ гос. рег. 1997134, 1996 – 2000 гг.); ГНТП «Энергетика» – «Разработка научных основ энергосберегающей экологически чистой технологии упаковывания битума в полиэтиленовую пленку»

(№ гос. рег. 1997137, 1996 – 2000 гг.). Автор являлся ответственным исполнителем работ, выполненных по заданию Госкомнефтепродукта Латвийской ССР по теме «Разработать и внедрить оборудование для выпуска парафина в полиэтиленовой упаковке» (№ гос. рег. 0187.0058437, 1987 – 1989 гг.); по заданию Госкомнефтепродукта СССР по теме «Разработка технологии упаковывания битумов в полиэтиленовую тару для транспортировки в районы Крайнего Севера» (№ гос. рег. 01.88.0037690, 1988 – 1990 гг.); по заданию Госкомнефтепродукта Литовской ССР по теме «Разработать и внедрить технологию и оборудование для затаривания и транспортировки парафинов в полиэтиленовой пленке» (№ гос. рег. 01.85.0035928, 1985 – 1988 гг.); по заданию ПО «Новополоцкнефтеоргсинтез» по теме «Проект технологического регламента на проектирование опытно-промышленной машины для упаковывания строительных битумов в полиэтиленовую пленку производительностью 30 000 тонн в год».

### **Цель и задачи исследования**

*Цель работы* – разработать безотходную, экологически чистую, энерго- и ресурсосберегающую технологию упаковывания битума и других специальных высокозастывающих нефтепродуктов с использованием полиэтиленовой пленки, позволяющую совершенствовать их транспортный процесс. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– выполнить анализ технологий упаковывания битума и других специальных нефтепродуктов, выявить особенности наиболее перспективных технологий с использованием полимерных материалов;

– выявить основные физико-химические свойства высокозастывающих нефтепродуктов, влияющие на процесс упаковывания битума в полиэтиленовую плёнку;

– установить экспериментальные закономерности влияния физико-химических свойств битума на теплообменные процессы при его охлаждении и получить эмпирические зависимости, связывающие свойства битума, начальную температуру его налива и температуру хладагента;

– выявить влияние полиэтилена высокого давления (ПЭВД) на изменение свойств битумно-полиэтиленовых композиций, образующихся при расплавлении битума совместно с полиэтиленовой упаковкой;

– разработать технологию и конструктивный ряд оборудования для упаковывания битума и других специальных высокозастывающих нефтепродуктов в полиэтиленовую пленку;

– разработать транспортный процесс битума и других специальных высокозастывающих нефтепродуктов, упакованных в полиэтиленовую пленку;

– выполнить сравнительный анализ экологических характеристик предлагаемой и известных технологий упаковывания битума по уровню загрязнения воздушной среды.

*Объектом исследования* является битум, упакованный в полиэтиленовую пленку, как участник транспортного процесса.

**Положения диссертации, выносимые на защиту**, содержат новые научные результаты создания теоретических основ и инженерных решений упаковывания битума в полиэтиленовую пленку:

1. Математическая модель, полученная на основе решения уравнения теплопроводности, связывающая определяющие параметры охлаждения битума, упакованного в полиэтиленовую пленку, которая позволяет с высокой точностью:

– рассчитать время и скорость формирования защитного твердого слоя битума, определить необходимую толщину слоя твердого битума, обеспечивающую безопасную эксплуатацию оборудования;

– определить производительность оборудования по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку и необходимое количество хладагента;

– на стадии проектирования, определить оптимальные технологические и конструкционные параметры оборудования;

– на стадии эксплуатации, автоматизировать процесс упаковывания битума в полиэтиленовую пленку.

2. Зависимости, характеризующие влияние концентрации полиэтилена на свойства битумно-полиэтиленовых композиций, образующихся при расплавлении битума совместно с полиэтиленовой упаковкой.

3. Новая технология упаковывания битума при температуре 140...160 °С в полиэтиленовую плёнку с температурой плавления 103...110 °С, позволяющая снизить энергозатраты в 12 раз, а выбросы вредных веществ в атмосферу – в 8 раз.

4. Типоразмерный ряд оборудования для реализации разработанной технологии, позволяющий уменьшить загрязнение атмосферы парами битума, содержащими канцерогенные вещества, исключить загрязнение окружающей среды твердыми отходами и потери битума на стадии его транспортирования, хранения и подготовки к потреблению.

**Личный вклад соискателя.** Соискателем обоснована возможность использования полиэтиленовой пленки в качестве тары для упаковывания битума и определено ее количество к его массе, которое не ухудшает физико-химические свойства битума. Изучены теплофизические свойства битума и других специальных нефтепродуктов. Составлено математическое описание теплообменных процессов охлаждения битума при упаковывании в плёночную тару в горячем жидком виде. Получено расчётное уравнение скорости формирования защитной «корки» битума, проверена его адекватность. Выполнены экспериментальные исследования процесса охлаждения битумов при упаковывании в полиэтиленовую пленку. Выполнены расчеты основных параметров и разработана конструкторская документация для установок по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку производительностью 2400

и 5000 тонн/год. Разработаны технологические регламенты и паспорта для установок производительностью 2400 и 5000 тонн/год; технологические схемы и регламенты установок производительностью 30000 и 100000 тонн/год. При непосредственном участии автора изготовлены и переданы для монтажа и пуска в эксплуатацию установки для упаковывания битума в полиэтиленовую плёнку на ПО «Татнефть», НГДУ «Карабашнефть» (Россия), Кременчугский НПЗ (Украина) и ПО «Южнефтепровод» (Казахстан). Разработана и передана технологическая и конструкторская документация в СКБ «Машиностроение» им. Макеева для изготовления установки по упаковыванию битума на Новоуфимском НПЗ (Россия). За разработку и внедрение установки по упаковыванию битума на НПЗ «Тжебиня» (Республика Польша) Торуньским федеральным научным обществом, автор награжден дипломом II степени.

### **Апробация результатов диссертации**

Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях (НТК): I НТК «Ресурсосберегающие экологически чистые технологии» (г. Гродно, 1995 г.); II НТК «Ресурсосберегающие экологически чистые технологии» (г. Гродно, 1997 г.); III НТК «Ресурсосберегающие экологически чистые технологии» (г. Гродно, 1998 г.); III НТК «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» (г. Минск, 2000 г.); IV НТК «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» (г. Новополоцк, 2003 г.); V НТК «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» (г. Новополоцк, 7 – 9 июня 2006 г.); II Международном экологическом симпозиуме «Региональные проблемы экологии: пути решения» (г. Полоцк, 2 – 3 сентября 2005 г.); III Международном экологическом симпозиуме «Региональные проблемы экологии: пути решения» (г. Полоцк, 2 – 3 сентября 2006 г.); IV Международном экологическом симпозиуме «Региональные проблемы экологии: пути решения» (г. Полоцк, 21 – 23 ноября 2007 г.).

### **Опубликованность результатов диссертации**

Публикаций по теме диссертации в научных изданиях, включенных в перечень изданий ВАК – 8 (7,01 авторских листа); в научных сборниках материалов конференций – 9; патенты – 4; авторское свидетельство на изобретение – 1.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, перечня условных обозначений, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 189 страницах, включает 37 таблиц, 48 иллюстраций, 29 приложений с вспомогательным фактическим материалом и документами о внедрении на 42 страницах; библиографический список из 115 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**В первой главе** диссертационной работы выполнен литературный обзор по следующим направлениям: состав, физико-химические свойства и область применения высокозастывающих нефтепродуктов; технологии и оборудование для формования конечных объемов твердых высокозастывающих нефтепродуктов; транспортный процесс нефтепродуктов, как процесс, имеющий специфическую технологию производственного характера; экологические проблемы упаковывания, хранения и транспортирования битумов.

В результате проведенного исследования установлено:

1. Для упаковывания битума в настоящее время используется в основном крафт-бумажная тара, которая создает проблемы на всех стадиях транспортного процесса (может происходить возгорание транспортируемого груза, слипание грузовых единиц, что затрудняет их выгрузку, приводит к потере товарного вида, снижению их потребительских свойств).

2. Существующие технологии и оборудование для упаковывания, хранения и транспортирования битумов несовершенны с точки зрения воздействия на окружающую среду, так как приводят к ее загрязнению вредными парами и твердыми отходами.

3. Широкое использование полиэтиленовой упаковки сдерживается сложностью обеспечения заливки горячего битума непосредственно в плёночную полиэтиленовую упаковку, отсутствием оборудования для её проведения и отсутствием инженерных методов технологического расчёта такого оборудования. В отечественной и зарубежной литературе отсутствуют сведения по упаковыванию битума с температурой 140...160 °С без предварительного охлаждения в полиэтиленовую пленку.

Для решения выявленных проблем сформулирована цель работы, достижение которой предусматривало решение поставленных задач.

**Вторая глава** посвящена исследованию влияния физико-химических свойств битума на теплообменные процессы его охлаждения при упаковывании в полиэтиленовую пленку.

Битум получают в жидком состоянии при высоких температурах и хранят в продуктовых емкостях, откуда он с температурой 160...190 °С поступает на узел упаковывания и охлаждения. Для охлаждения битума до температуры окружающей среды используют воздух или воду.

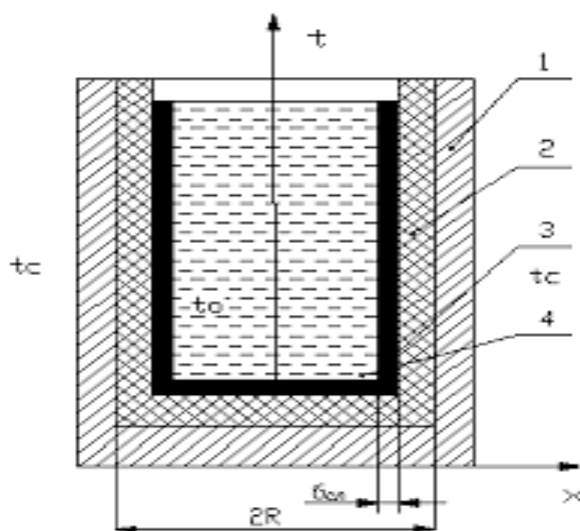
По разработанной технологии охлаждение тары с битумом (брикета) производится водой в две стадии: 1) при заливке – в форме; 2) доохлаждение – в ванне. Время пребывания упаковки с битумом в форме определяется скоростью формирования в ней «корки» – защитного слоя затвердевшего битума с толщиной, обеспечивающей сохранность тары в течение времени перемещения брикета в ванну. Для решения этой задачи требуется знать распре-

деление температуры в слое битума, скорость формирования защитного твердого слоя битума на внутренней поверхности тары и его минимальную толщину, обеспечивающую сохранность полиэтиленовой пленки. На стадии – доохлаждение в ванне – тара с битумом расположена горизонтально и перемещается в воде на плаву. Для этой стадии необходимо определить время пребывания тары с битумом в воде, достаточное для формирования слоя битума такой толщины, при которой упаковку можно извлекать из ванны без риска её проплавления.

Для стадии заливки (рисунок 1) имеем симметричную задачу нестационарного процесса охлаждения при свободном движении жидкости в ограниченном объеме (жидкий битум в таре). С учетом допущений об одномерном переносе тепла (т.е. только по толщине слоя) и малости конвективных потоков уравнение имеет вид:

$$\frac{dt}{d\tau} \sim \frac{x^2}{\tau} \quad (1)$$

Толщина пленочной тары  $\delta$  составляет от 60 до 200 мкм, т.е. она пренебрежимо мала по сравнению с толщиной брикета битума  $2R$ , которая по разработанной технологии равна 80...100 мм. В то же время теплопроводность полиэтилена почти в 3 раза превышает теплопроводность битума.



1 – форма; 2 – полиэтиленовая пленка;  
3 – слой затвердевшего битума; 4 – жидкий битум

**Рисунок 1 – Расчетная схема охлаждения битума**

Таким образом, термическое сопротивление полиэтиленовой пленки  $\delta/\lambda$  невелико, и его наличие практически не изменяет температуру у поверхности упаковки. В связи с этим граничные условия четвертого рода, задающие условия сопряжения тепловых потоков и температур соприкасающихся



сред на границе раздела (между битумом и пленкой), заменяем граничными условиями третьего рода – между битумом и водой:

$$-\lambda \frac{dt}{dx} = \alpha_c (t - t_c) \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К;

$R$  – расстояние от поверхности, м;

$\tau$  – время, с;

$\alpha_c$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup>·К;

$t_c$  – температура охлаждающей среды, °С.

Определить характер распределения температуры в битуме можно, оценив величину критерия Био ( $Bi$ ):

$$Bi = \frac{\alpha_c R}{\lambda} \quad (3)$$

При  $Bi > 100$  температура на поверхности сразу после заливки битума становится практически равной температуре охлаждающей воды вследствие высокой интенсивности теплоотвода водой и малой теплопроводности битума. В связи с этим граничные условия третьего рода переходят в условия первого рода – постоянство температуры на поверхности, при начальных условиях:

$$t(x, \tau) = t_c \text{ при } \tau = 0 \text{ и } x = 0, \quad (4)$$

где  $t(x, \tau)$  – текущая температура битума, °С;

$t_c$  – температура охлаждающей среды, °С;

$\tau$  – время, с;

$x$  – текущая координата, м.

С учетом этих допущений задача нестационарной теплопроводности с граничными условиями первого рода для бесконечной пластины имеет следующий вид:

$$\theta = \frac{t(x, \tau) - t_c}{t_0 - t_c} = \sum_{n=1}^{\infty} \cos\left(\mu_n \frac{x}{R}\right) \exp(-\mu_n^2 Fo) \quad (5)$$

где  $\theta$  – относительная избыточная температура;

$t_0$  – начальная температура битума, °С;

$A_n, \mu_n$  – коэффициенты уравнения;

$\alpha$  – коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с;

$Fo$  – критерий Фурье:  $Fo = \frac{\alpha \tau}{R^2}$

Для стадии заливки время охлаждения тары с битумом составляет 2...3 минуты, при этом величина критерия Фурье мала, т.е.  $Fo \ll 0,3$ .

При малых значениях  $Fo$  расчет относительной избыточной температуры как функции относительной координаты  $x/R$  и числа Фурье может быть выполнен по следующему уравнению:

$$\theta = \frac{t - t_0}{t_0 - t_c} = \text{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{a\tau}} \right) \quad (6)$$

Для инженерных расчетов функция  $erf$  может быть аппроксимирована следующим выражением:

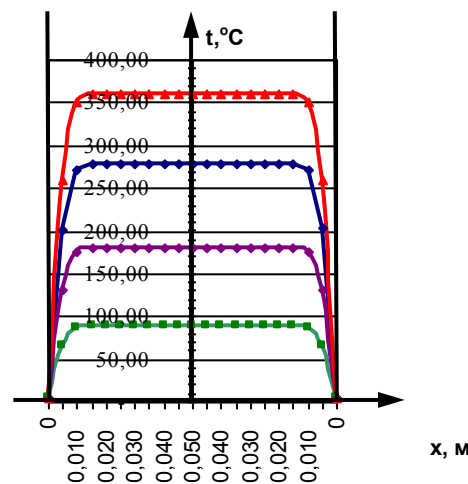
$$\text{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{a\tau}} \right) = \sqrt{1 - \exp \left[ -1,26 \left( \frac{x}{2\sqrt{a\tau}} \right)^2 \right]} \quad (7)$$

Расчетные значения температуры определяются по уравнению:

$$t_p = \theta(t_0 - t_c) + t_c \quad (8)$$

где  $t_p$  – расчетная температура битума, °С.

Температурное поле упакованного в полиэтиленовую пленку битума при охлаждении водой, рассчитанное по уравнениям (6) и (8), представлено на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Распределение температур в упаковке битума при  $t_c = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$**

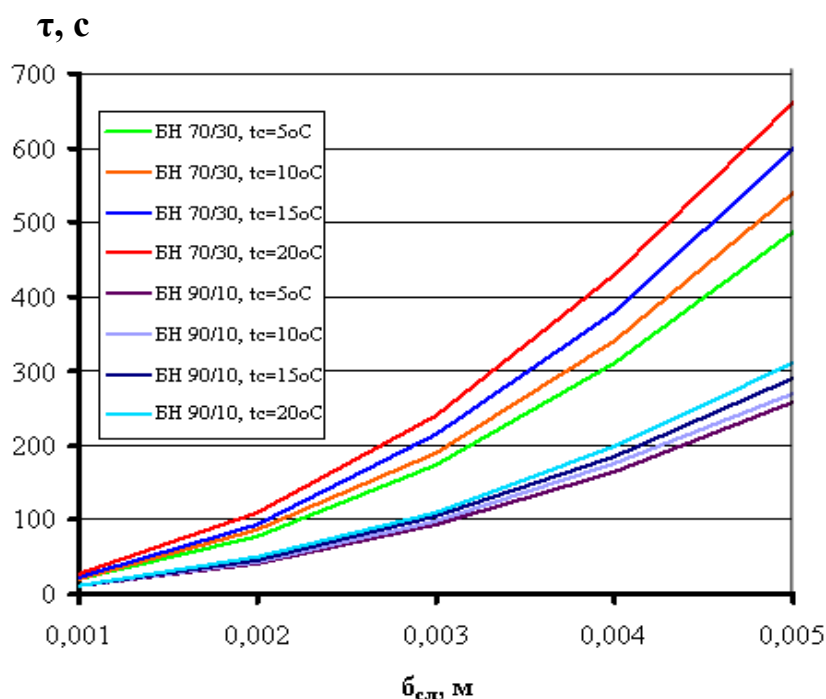
Для получения уравнения, определяющего скорость формирования защитного слоя твердого битума на первом этапе охлаждения, примем  $t(x, \tau) = t_3(\delta, \tau)$ , а  $x = \delta_{cl}$  в уравнении (6) и найдем зависимость толщины

формирования слоя твердого битума на внутренней поверхности тары от времени его охлаждения:

$$\frac{t_3 (\delta_{\text{сл}} - \dots - \dots)}{t_0 - \dots} = \left( \dots \right) \quad (9)$$

где  $t_3$  – температура застывания битума, °С;  
 $\delta_{\text{сл}}$  – толщина слоя твердого битума, м.

Графики изменения толщины слоя твердого битума вблизи поверхности охлаждения в зависимости от времени, полученные на основании уравнения (9), приведены на рисунке 3.

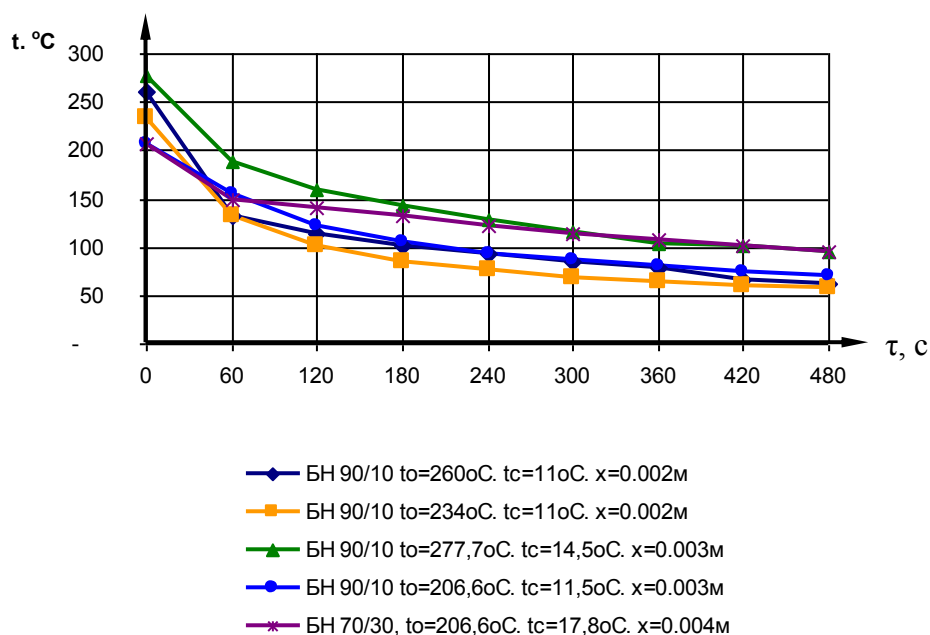


**Рисунок 3 – Скорость формирования слоя твердого битума при  $t_0 = 140^\circ\text{C}$**

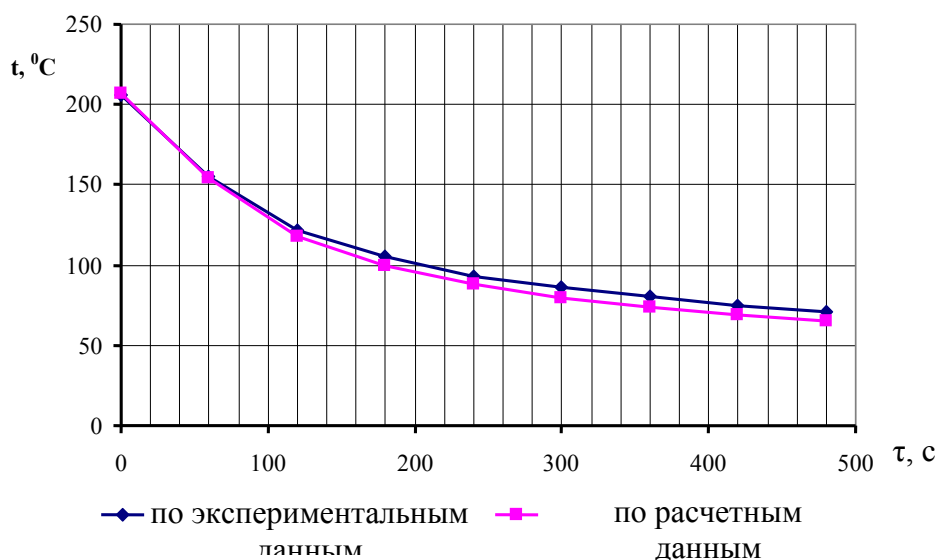
Для изучения температурных полей в слое охлаждаемого жидкого битума ( $t = f(x, \tau, t_c)$ ), скорости и толщины формирования защитного слоя вблизи тары ( $\delta_{\text{сл}} = f(t_3, t_0, t_c, \alpha, \tau)$ ) разработаны лабораторная и пилотная установки.

На рисунке 4 представлены результаты экспериментальных исследований изменения температуры битума в поверхностном слое, полученные на лабораторной и пилотной установках. Графики сравнения экспериментальных и расчетных значений (полученных по уравнениям (6)...(9)) температур битума в поверхностном слое приведены на рисунках 5, 6. В результате опытов установлено, что полиэтиленовая пленка не оказывает влияния на температуру в битуме, а защитный слой затвердевшего битума толщиной 2...3 мм, образующийся в течение двух-трех минут, достаточен для предохранения полиэтиленовой пленки от разрушения. Опыты (см. рисунки 5 и 6) выполнены при высокой начальной температуре битума (206...234 °С). В этих усло-

виях вязкость битума относительно невелика, а битум является ньютоновской жидкостью.



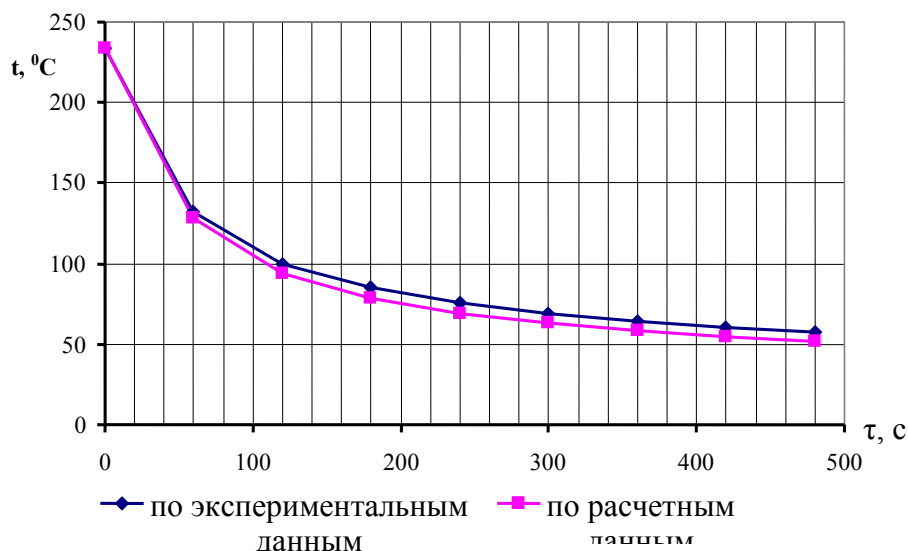
**Рисунок 4 – Изменение температуры битума в поверхностном слое**



**Рисунок 5 – Изменение температуры битума БН 90/10 на расстоянии  $x = 3$  мм при  $t_0 = 206$  °C,  $t_c = 11$  °C**

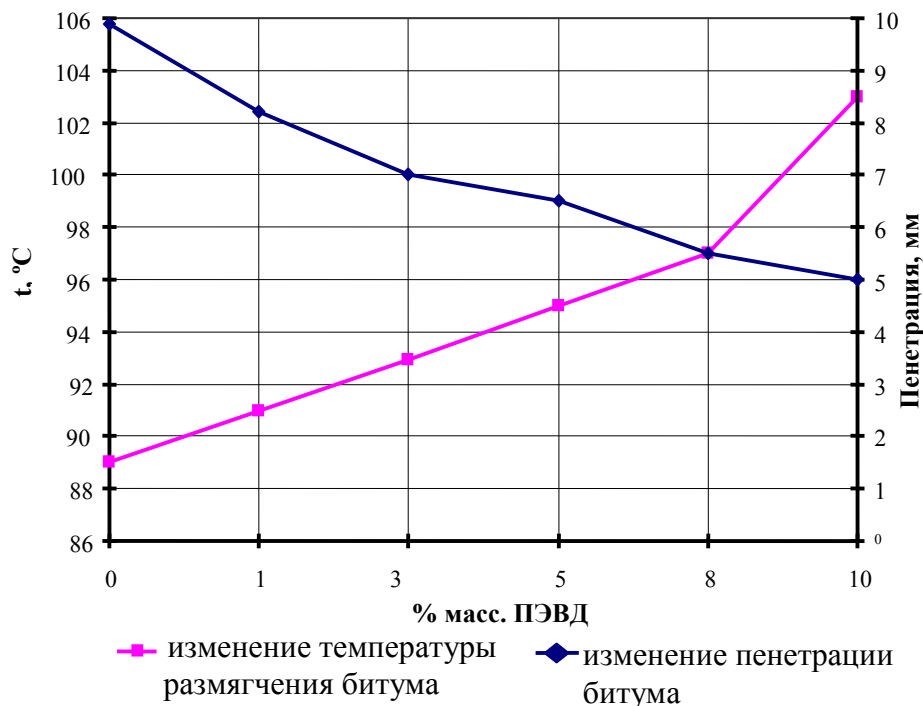
Допущение о малости конвективного переноса тепла в битуме даже для этих условий позволяет с достаточной точностью выполнять расчеты процесса его охлаждения. Как видно из графиков, погрешность полученных результатов составляет в среднем 2...4 %.

При решении актуальной проблемы высокопроизводительного упаковывания битума в полиэтиленовую пленку возникает проблема утилизации тары, поскольку у потребителя битум расплавляется вместе с тарой.

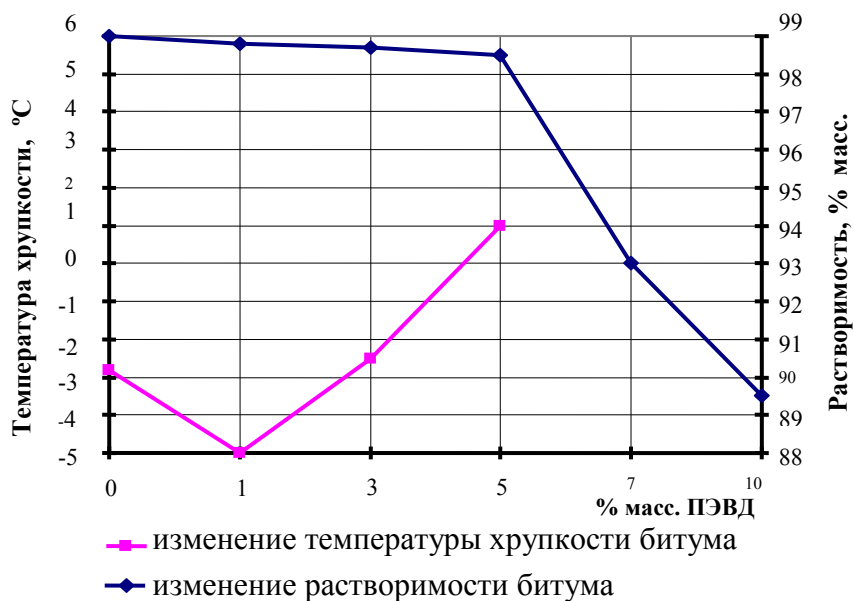


**Рисунок 6 – Изменение температуры битума БН 90/10 на расстоянии  $x = 2$  мм при  $t_0 = 234$  °С,  $t_c = 11$  °С**

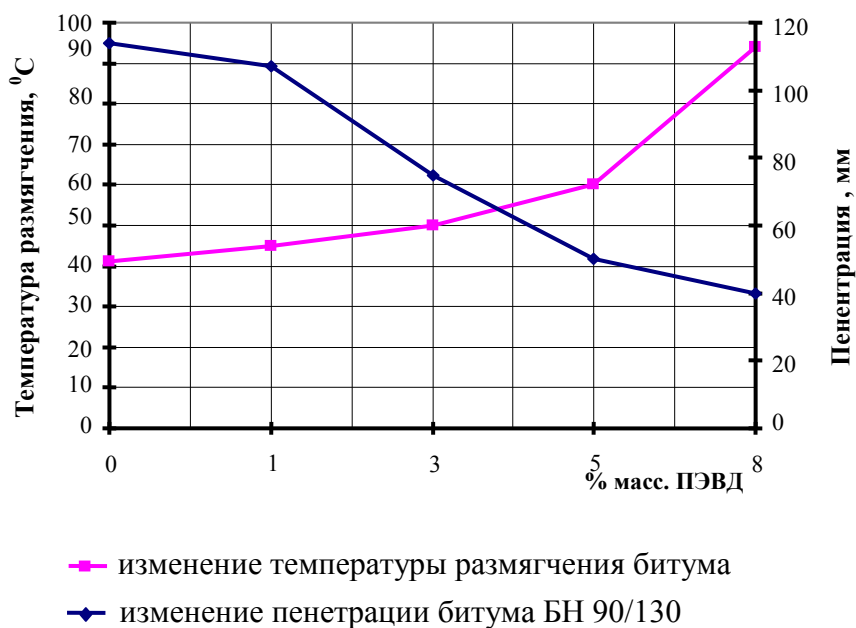
С целью проверки возможности использования полиэтилена высокого давления (ПЭВД) в качестве пластифицирующей добавки к битуму, определения зависимостей изменения физико-химических свойств битума от количества введенного полимера и отработки технологии приготовления композиции проведена серия опытов. Результаты экспериментальных исследований строительного битума марки БН 90/10 с добавками (ПЭВД) представлены на рисунках 7, 8, а дорожного марки БН 90/130 – на рисунках 9, 10.



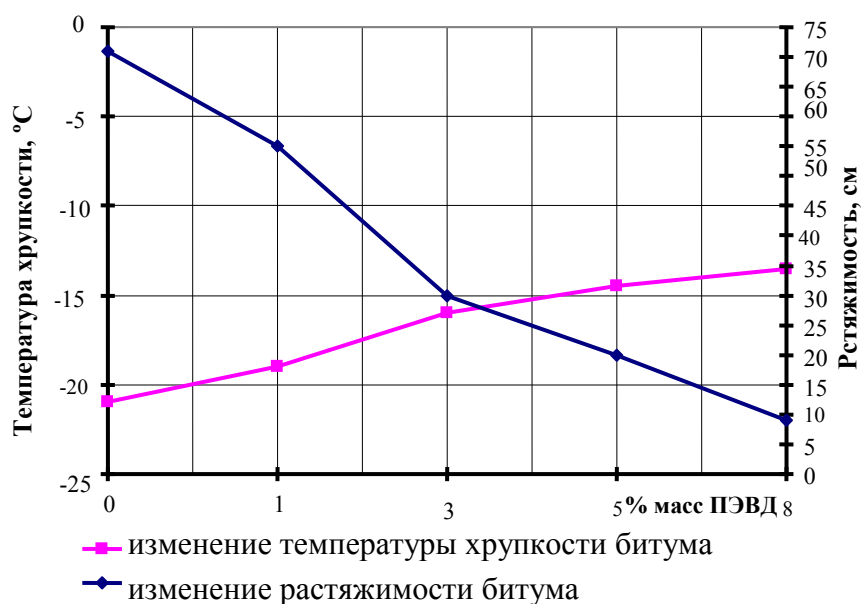
**Рисунок 7 – Зависимость температуры размягчения и пенетрации битума марки БН 90/10 от количества ПЭВД**



**Рисунок 8 – Зависимость температуры хрупкости и растворимости битума марки БН 90/10 от количества ПЭВД**



**Рисунок 9 – Зависимость температуры размягчения и пенетрации битума марки БН 90/130 от количества ПЭВД**



**Рисунок 10 – Зависимость температуры хрупкости и растяжимости битума марки БН 90/130 от количества ПЭВД**

**Третья глава** посвящена разработке безотходной, экологически чистой, энерго- и ресурсосберегающей технологии упаковывания битума и других специальных высокозастывающих нефтепродуктов в полиэтиленовую пленку. При этом использованы результаты теоретических исследований, а также учтены выявленные достоинства и недостатки известных технологий и оборудования. Разработанная технология позволяет:

- упаковывать битум без его предварительного охлаждения;
- снизить выброс вредных паров в 8 раз за счет использования герметичной упаковки;
- снизить затраты электроэнергии в 12 раз за счет использования двухстадийной технологии упаковывания;
- сократить время погрузки и разгрузки;
- исключить операции утилизации тары и дробления битума;
- исключить загрязнение окружающей среды твердыми отходами;
- использовать вторичный полиэтилен в качестве тары с возможностью последующего его использования совместно с битумом.

На опытно-промышленной установке отработаны оптимальные параметры упаковывания битума в полиэтиленовую пленку.

Анализ теоретических исследований и результатов, полученных при опытно-промышленной и промышленной эксплуатации оборудования, позволил усовершенствовать их конструкции и разработать ряд установок типа «битумные пакеты» (БИПАК). Установка БИПАК-2400 по лицензионному соглашению, заключенному между Республикой Беларусь и Республикой Польша, эксплуатируется на Rafineria nafty Trzebinia. Модификация БИПАК-2400 является базовой моделью. С учетом опыта ее эксплуатации были разрабо-

таны еще две модификации: БИПАК-5000 и БИПАК-30000. Установка БИПАК-30000 создана путем модульного принципа компоновки установок БИПАК-2400 и БИПАК-5000. Разработано шесть схем компоновки модулей с весом единичной упаковки 10, 15 и 20 кг.

**Четвертая глава** посвящена разработке классификации нефтепродуктов по такому признаку, как участие в транспортном процессе.

В результате исследований установлено, что основными факторами, влияющими на характер транспортного процесса нефтепродуктов, являются: соотношение температуры застывания нефтепродуктов и температуры окружающей среды; температура, при которой нефтепродукты находятся в процессе транспортирования и, как следствие этого, их агрегатное состояние; материал тары и вид упаковки; вид транспорта.

В зависимости от физико-химических свойств и выявленных основных факторов все нефтепродукты объединены в три группы:

I. Нефтепродукты с температурой застывания существенно ниже температуры окружающей среды. В эту группу входят светлые нефтепродукты. На организацию транспортного процесса этой группы нефтепродуктов оказывают влияние такие свойства, как вязкость и давление насыщенных паров. Транспортный процесс этой группы нефтепродуктов состоит из трех стадий: введение грузовых единиц с операциями учета и отпуска; физическое перемещение с операциями погрузки и транспортирования; выгрузка нефтепродуктов в местах их транспортного назначения с операциями складирования или перевалка на другой вид транспорта.

II. Нефтепродукты с температурой застывания незначительно выше температуры окружающей среды – низкозастывающие нефтепродукты (НЗНП). К ним относятся нефтепродукты, температура застывания которых не превышает 42 °С. В эту группу входят масла, мазуты и вязкопластичные нефтепродукты. Их транспортируют в жидком виде при температуре окружающей среды либо с температурой, превышающей температуру окружающей среды (в разогретом состоянии). Транспортный процесс нефтепродуктов этой группы состоит из четырех стадий: подготовка грузов к их физическому перемещению с операцией контейнеризации; введение грузовых единиц с операциями учета и отпуска; физическое перемещение с операциями погрузки и транспортирования; выгрузка нефтепродуктов в местах их транспортного назначения с операциями складирования или перевалка на другой вид транспорта.

III. Нефтепродукты с температурой застывания, существенно превышающей температуру окружающей среды – высокозастывающие нефтепродукты (ВЗНП). По агрегатному состоянию, в котором осуществляют транспортирование этих нефтепродуктов, их можно разделить на высокозастывающие жидкие нефтепродукты (температура размягчения от 42 до 60 °С), транспортируемые в жидком виде с температурой, превышающей температуру их застывания, и высокозастывающие твердые нефтепродукты (темпе-



ратура размягчения выше 60 °С), транспортируемые при температуре окружающей среды в твёрдом виде, помещёнными в тару или упаковку. Транспортный процесс нефтепродуктов этой группы состоит из четырех стадий: подготовка грузов к их физическому перемещению с операциями упаковывания и пакетирования; введение грузовых единиц с операциями учета и отпуска; физическое перемещение с операциями погрузки и транспортирования; выгрузка нефтепродуктов в местах их транспортного назначения с операциями складирования или перевалка на другой вид транспорта.

**Пятая глава** посвящена оценке загрязнения воздушной среды при использовании бумажной и полиэтиленовой тары для упаковывания битума.

Количество вредных паров, выделяющихся при охлаждении битума, зависит от его температуры и пропорционально площади открытой поверхности. Расчеты, выполненные для бумажного мешка диаметром 600 мм вместительностью 200 кг и конвейера длиной 42 м, шириной 1,2 м и слоем битума толщиной 9 мм, показывают, что в течение двух минут (из 5 минут охлаждения битума на ленте конвейера) происходит выделение вредных паров при температуре 150...175 °С. При этом поверхность испарения составляет около 40 % от общей площади поверхности битума на конвейере, а количество паров, выделяющихся из битума на конвейере, – около 311 мг/кг. Это примерно в 30 раз больше количества паров, выделяющихся из битума в мешках. На ОАО «Нафтан» проведены обследования битумных установок, использующих бумажную и полиэтиленовую тару для упаковывания битума. Результаты обследования показывают, что использование разработанной технологии с применением полиэтиленовой тары в 8 раз снижает концентрацию вредных веществ в воздухе по сравнению с бумажной.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации**

1. Впервые установлены зависимости между физико-химическими свойствами высокосастиывающих нефтепродуктов и теплообменными процессами их охлаждения, позволяющие управлять технологическими параметрами упаковывания битума в полиэтиленовую пленку [1 – 4, 9, 10].

Полученные уравнения в зависимости от свойств битума, его температуры и температуры хладагента позволяют:

– получить распределение температуры в упаковке битума в любой момент времени, рассчитать время и скорость формирования защитного твердого слоя битума, определить необходимую толщину слоя твердого битума, обеспечивающую сохранность полиэтиленовой плёнки;

– определить производительность оборудования по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку и соответствующее этой производительности количество хладагента;

– на стадии проектирования определить оптимальные технологические и конструкционные параметры оборудования;

– на стадии эксплуатации автоматизировать процесс упаковывания битума в полиэтиленовую пленку.

2. Впервые предложена классификация высокозастывающих нефтепродуктов по новому классификационному признаку, а именно участие высокозастывающих нефтепродуктов в транспортном процессе [11 – 13], и усовершенствован транспортный процесс битума и других специальных материалов.

3. При разработке технологии упаковывания битума в полиэтиленовую пленку рассмотрено влияние полиэтилена, расплавленного вместе с битумом, на изменение его физико-химических свойств. Показано, что увеличение количества полиэтилена приводит к возрастанию температуры размягчения битумов марок БН 90/10 и БН 90/130 и пенетрации [5, 6, 14]. Добавление полиэтилена в количестве  $\leq 1\%$ , способствует снижению температуры хрупкости и растворимости битумов в бензоле или хлороформе. Композиция с большим содержанием полимера отличается высокой прочностью и теплостойкостью при повышенных температурах, но пластичность и эластичность материала уменьшаются. Установлено, что добавка 1 % массы полиэтилена улучшает сцепление дорожного битума марки БН 90/130 с минеральным материалом. Установлено, что тара может быть использована как модифицирующая добавка к битуму при условии достаточно тщательного перемешивания.

4. Установлены следующие зависимости:

– скорость формирования защитного твердого слоя битума на внутренней поверхности тары зависит от его свойств, в частности от температуры размягчения, определенной методом «кольца и шара» (КиШ): чем выше температура размягчения битума, тем быстрее формируется защитный слой;

– формирование защитного твердого слоя битума происходит быстрее при более низких значениях температуры хладагента и начальной температуры битума.

Показано, что снижение энергозатрат разработанного оборудования происходит за счет формирования на внутренней поверхности тары защитного слоя затвердевшего битума – «корки». При этом время пребывания упаковки с битумом в форме определяется временем формирования «корки» необходимой толщины, обеспечивающей сохранность тары [1 – 4, 9, 10].

5. Впервые разработана технология, позволяющая упаковывать высокозастывающие нефтепродукты в полиэтиленовую пленку при температуре 140...170 °С, превышающей температуру плавления упаковочного материала

(103...110 °С) [7, 8, 15 – 17]. Показано, что разработанная технология является безотходной, энерго- и ресурсосберегающей и обеспечивает экологическую чистоту на всех стадиях транспортного процесса (затраты электроэнергии уменьшаются в 12 раз, а выбросы вредных веществ – в 8 раз). Разработан типоразмерный ряд оборудования для реализации предложенной технологии упаковывания битума в полиэтиленовую плёнку.

6. Целесообразность промышленного использования разработанной технологии и оборудования подтверждены актами внедрения и результатами выполненных договоров по лицензионным соглашениям с Республикой Польша и Российской Федерацией на сумму 50000 долларов США. Разработанные технологии и оборудование защищены охранными документами [18 – 22].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

На основании выполненных исследований разработана и передана для практического использования технологическая и конструкторская документация на установки по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку производительностью 2400 и 5000 тонн/год. Разработаны и переданы в промышленность регламенты и паспорта на установки по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку производительностью 2400 и 5000 тонн/год. Разработаны технологические схемы и регламенты установок по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку производительностью 30000 и 100000 тон/год. Подготовлено учебное пособие для обучения операторов установки по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку.

Результаты диссертации использованы при разработке технологической, конструкторской документации и пуске в промышленную эксплуатацию установок по упаковыванию битума на ОАО «Нафтан» (Республика Беларусь), НПЗ «Гжебиня» (Республика Польша), ПО «Татнефть» и НГДУ «Карабашнефть» (Россия), Кременчугском НПЗ (Украина) и ПО «Южнефтепровод» (Казахстан). При разработке конструкторской документации в СКБ «Машиностроение» им. Макеева (Россия). Экономический эффект от внедрения технологии и оборудования по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку составляет 170 000 рублей в год на 1 тонну битума.

## **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **В научных изданиях, включенных в перечень изданий ВАК**

1. Коваленко, П.В. Расчет процесса охлаждения битума / П.В. Коваленко, В.К. Липский, З.С. Теряева // Теоретические основы химической технологии – 2002. – № 3 – С. 331– 334.
2. Коваленко, П.В. Процессы упаковывания высокозастывающих нефтепродуктов в полиэтиленовую пленку и методы их транспортирования / П.В. Коваленко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки. – 2004. – № 12. – С. 162 – 170.
3. Коваленко, П.В. Моделирование процесса охлаждения битума при упаковывании в полиэтиленовую пленку / П.В. Коваленко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки. – 2006. – № 10. – С. 135 – 140.
4. Коваленко, П.В. Процессы упаковывания высокозастывающих нефтепродуктов в полиэтиленовую пленку и методы их транспортирования / З.П. Шульман, П.В. Коваленко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки. – 2007. – № 8. – С. 138 – 147.
5. Коваленко, П.В. Исследование реологических свойств битумных композиций / П.В. Коваленко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки. – 2007. – № 6. – С. 101 – 106.
6. Коваленко, П.В. Исследование свойств битумно-полимерных композиций / П.В. Коваленко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки – 2008. – № 2. – С. 142 – 147.
7. Коваленко, П.В. Экологические аспекты технологии упаковывания битума / З.С. Теряева, П.В. Коваленко, В.К. Липский // Химия и технология топлив и масел. – 2003. – № 5. – С. 51 – 53.
8. Коваленко, П.В. Повышение экологических характеристик транспортного процесса твердых высокозастывающих нефтепродуктов / П.В. Коваленко, З.С. Теряева // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки – 2005. – № 3. – С. 133 – 140.

### **В научных сборниках материалов конференций**

9. Коваленко, П.В. Метод расчета процесса охлаждения высокозастывающих нефтепродуктов при упаковывании в полиэтиленовую пленку / П.В. Коваленко, З.С. Теряева // Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта: материалы III междунар. науч.-техн. конф., Минск 4 – 6 июня 2000 г. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: В.К. Липский [и др.]. – Новополоцк, 2000. – С. 171 – 174.

10. Коваленко, П.В. Численное моделирование охлаждения расплава битума в полимерной упаковке / П.В. Коваленко, А.А. Маханёк // Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта: материалы V междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 7 – 9 июня 2006 г. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: В.К. Липский [и др.]. – Новополоцк, 2006. – С. 130 – 132.
11. Коваленко, П.В. Совершенствование доставки и потребления гидроизоляционных материалов для ремонта сооружений / П.В. Коваленко // Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта: материалы III междунар. науч.-техн. конф., Минск 4 – 6 июня 2000 г. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: В.К. Липский [и др.]. – Новополоцк, 2000. – С. 169 – 171.
12. Коваленко, П.В. Проблемы транспортирования битумов и парафинов / П.В. Коваленко // Надёжность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта: материалы IV междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 4 – 8 окт. 2003 г. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: В.К. Липский [и др.]. – Новополоцк, 2003. – С. 68 – 79.
13. Коваленко, П.В. Особенности транспортного процесса высоkozастывающих нефтепродуктов / П.В. Коваленко // Трубопроводный транспорт-2005: материалы междунар. учеб.-науч.-практ. конф., Уфа, 4 – 5 июня 2005 г. – Уфа, 2005. – С. 250 – 252.
14. Коваленко, П.В. Влияние температуры на реологические свойства битумно-полимерной композиции / З.П. Шульман, В.К. Липский, П.В. Коваленко, А.А. Маханёк // Региональные проблемы экологии: пути решения: материалы IV междунар. эколог. симпоз., Полоцк 21 – 23 ноября 2007 г. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: В.К. Липский [и др.]. – Новополоцк, 2007. – С. 70 – 77.
15. Коваленко, П.В. Экологические проблемы упаковывания и транспортирования твердых битумов / П.В. Коваленко // Региональные проблемы экологии: пути решения: материалы II междунар. эколог. симпоз., Полоцк 2 – 3 сентября 2005 г. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: В.К. Липский [и др.]. – Новополоцк, 2005. – С. 125 – 130.
16. Коваленко, П.В. Экологические проблемы упаковывания ВЗНП / П.В. Коваленко // Региональные проблемы экологии: пути решения: материалы III междунар. эколог. симпоз., Полоцк, 2 – 3 сентября 2006 г. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: В.К. Липский [и др.]. – Новополоцк, 2006. – С. 170 – 174.
17. Коваленко, П.В. Экологические проблемы упаковывания битума / П.В. Коваленко // Материалы XXXX НТК преподавателей и студентов УО «ВГТУ». – Витебск, 2007. – С. 120.

## Патенты

18. Установка для упаковывания битума в термопластичную рукавную пленку: пат. № 1790531 СССР, МПК5 В 65 В 9/10 / З.С. Теряева, В.К. Липский, В.В. Ковалевский, В.Г. Тетерук, П.В. Коваленко; заявитель Новополоц. политех. ин-т им. Ленинского комсомола Белоруссии. – № а 4840537; заявл. 15.06.90; опубл. 23.01.93 // Изобретения / Госкомизобретений. – 1993. – № 3. – С. 90.
19. Способ упаковывания горячепластичных материалов в полимерную рукавную пленку: пат. № 4970 Респ. Беларусь, МПК7 В 65 В 9/10 / З.С. Теряева, В.К. Липский, П.В. Коваленко; заявитель Полоц. гос. ун-т. – № а 199980570; заявл. 15.06.98; опубл. 30.03.2003 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2003. – № 1. – С. 78.
20. Установка для упаковывания битума в термопластичную рукавную пленку: пат. № 133 Респ. Беларусь, МПК5 В 65 В 9/10 / З.С. Теряева, В.К. Липский, В.В. Ковалевский, В.Г. Тетерук, П.В. Коваленко; заявитель Новополоц. политех. ин-т. – № а 484053; заявл. 15.06.90; опубл. 23.01.93 // Афіцыйны бюл. / Белгоспатент. – 1993. – № 3. – С. 125.
21. Способ изготовления плит парафина: пат. № 1575498 Респ. Беларусь, МПК5 В 29 С 43/02, 39/02 / З.С. Теряева, П.В. Коваленко, В.К. Липский; заявитель Новополоц. политех. ин-т. – № а 4341037; заявл. 17.11.87; опубл. 18.11.1993 // Официальный бюл. / Роспатент. – 1993. – № 12. – С. 45.
22. Устройство для упаковывания парафина: а.с. 1830864 СССР, МКИ5 В6В9/10 / П.В. Коваленко, З.С. Теряева, В.К. Липский; Новополоц. политех. ин-т. – № 4705592; заявл. 15.06.89; опубл. 13.10.93 // Открытия. изобрет. – 1993. – № 45. – С. 28.

## РЭЗІЮМЭ

**Каваленка Павел Васілевіч**

### **Тэхналогія ўпакоўвання бітуму і іншых спецыяльных нафтапрадуктаў**

**Ключавыя словы:** бітум, спецыяльныя нафтапрадукты, цеплаабменныя працэсы, высоказастываючыя нафтапрадукты, транспартны працэс, упакоўванне, тэхналогія, экалогія.

**Мэта працы** – распрацоўка безадходнай, экалагічна чыстай, энерга- і рэсурсазберагаючай тэхналогіі ўпакоўвання бітумаў і іншых спецыяльных цвёрдых высоказастываючых нафтапрадуктаў з выкарыстаннем поліэтыленавай плёнкі.

**Метады даследавання** – фізіка-хімічныя, аналітычныя, статыстычныя. Пры правядзенні даследаванняў выкарыстаны прыём лабараторнага і колькаснага мадэлявання працэсу астуджэння аб’екта даследавання. Рэалагічныя ўласцівасці бітуму і бітумна-палімерных кампазіцый вызначаны метадамі кансістаметрыі і вісказіметрыі ў інтэрвале тэмператур 70...200 °С. Фізіка-хімічныя ўласцівасці масцікі даследаваны з выкарыстаннем метадык, прадугледжаных ДАСТАм. Вызначэнне канцэнтрацыі СО і  $\Sigma$  СН праводзіліся з дапамогай газавай храматаграфіі.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна.** Вызначаны матэматычныя залежнасці ўплыву фізіка-хімічных уласцівасцяў высоказастываючых нафтапрадуктаў на цеплаабменныя працэсы, якія дазваляюць кіраваць тэхналагічным працэсам іх упакоўвання ў поліэтыленавую плёнку. Распрацавана класіфікацыя высоказастываючых нафтапрадуктаў па такой прыкмеце, як іх удзел у транспартным працэсе. Устаноўлены ўплыў поліэтылену на ўласцівасці бітуму. Распрацавана безадходная, энерга- і рэсурсазберагальная, экалагічна чыстая тэхналогія, якая дазваляе ўпакоўваць высоказастываючыя нафтапрадукты ў поліэтыленавую плёнку пры тэмпературы 140...170 °С. Атрыманыя вынікі ўносяць істотны ўклад у рашэнне праблем канструявання і аўтаматызацыі абсталявання па ўпакоўванні бітуму ў поліэтыленавую плёнку.

**Ступень выкарыстання.** Вынікі дысертацыі выкарыстаны пры распрацоўцы тэхналагічнай, канструктарскай дакументацыі і пуску ў прамысловую эксплуатацыю ўстановак па ўпакоўванню бітуму на ААТ «Нафтан» (Беларусь), НПЗ «Тжэбіня» (Рэспубліка Польшча), ВА «Татнафта» і НГДУ «Карабашнафта» (Расія), Крэменчугскім НПЗ (Украіна) і ВА «Паўднёвы нафтапрывад» (Казахстан). Пры распрацоўцы канструктарскай дакументацыі ў СКБ «Машынабудаванне» імя Макеева (Расія).

**Сфера ўжывання** – канструяванне і эксплуатацыя абсталявання, ахова навакольнага асяроддзя, навучальны працэс, нафтаперапрацоўчыя прадпрыемствы.

## РЕЗЮМЕ

**Коваленко Павел Васильевич**

### **Технология упаковывания битума и других специальных нефтепродуктов**

**Ключевые слова:** битум, специальные нефтепродукты, теплообменные процессы, высокозастывающие нефтепродукты, транспортный процесс, упаковывание, технология, экология.

**Цель работы** – разработка безотходной, экологически чистой, энерго- и ресурсосберегающей технологии упаковывания битумов и других специальных твердых высокозастывающих нефтепродуктов с использованием полиэтиленовой пленки.

**Методы исследования** – физико-химические, аналитические, статистические. При проведении исследований использован прием лабораторного и численного моделирования процесса охлаждения объекта исследования. Реологические свойства битума и битумно-полимерных композиций определены методами консистометрии и вискозиметрии в интервале температур 70...200 °С. Физико-химические свойства мастик исследованы с использованием методик, предусмотренных ГОСТом. Определение концентрации СО и  $\Sigma$  СН проводились с помощью газовой хроматографии.

**Полученные результаты и их новизна.** Установлены математические зависимости влияния физико-химических свойств высокозастывающих нефтепродуктов на теплообменные процессы, позволяющие управлять технологическим процессом их упаковывания в полиэтиленовую пленку. Разработана классификация высокозастывающих нефтепродуктов по такому признаку, как их участие в транспортном процессе. Установлено влияния полиэтилена на изменение свойств битума. Разработана безотходная, энерго- и ресурсосберегающая, экологически чистая технология упаковывания высокозастывающих нефтепродуктов в полиэтиленовую пленку при температуре 140...170 °С. Полученные результаты вносят существенный вклад в решение проблем конструирования и автоматизации оборудования по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку.

**Степень использования.** Результаты диссертации использованы при разработке технологической, конструкторской документации и пуске в промышленную эксплуатацию установок по упаковыванию битума на ОАО «Нафтан» (Беларусь), НПЗ «Тжебиня» (Республика Польша), ПО «Татнефть» и НГДУ «Карабашнефть» (Россия), Кременчугском НПЗ (Украина) и ПО «Южнефтепровод» (Казахстан). При разработке конструкторской документации в СКБ «Машиностроение» им. Макеева (Россия).

**Область применения** – конструирование и эксплуатация оборудования, охрана окружающей среды, учебный процесс, нефтеперерабатывающие предприятия.



## RESUME

**Kovalenko Pavel Vasilevich**

### **Technology of packing of bitumens and other special mineral oil**

**Keywords:** the bitumen, special mineral oil, heat exchange processes, high-solidified mineral oil, transport process, packing, technology, ecology.

**The purpose of work** – The development of technologies (without waste, ecologically pure, energy- and energy saving) of packing, storage and transportation of bitumens and other special coating high-solidified mineral oil with use of the polyethylene film.

**Methods of research** – Physical and chemical, analytical, statistical. The reception of laboratory and numerical modelling of cooling process of research object was used at the carrying out of researches. Rheological properties of bitumen and bitumen-polymeric compositions were defined by the methods of consistometry and viscometry in an interval of temperatures 70... 200 °C. Physical and chemical properties of mastic were investigated with use of techniques stipulated by the state regulation. Definition of concentration CO and  $\Sigma$  CH were conducted with the help of a gas chromatography.

**The received results and their novelty.** The mathematical dependences of influence of physical and chemical properties of high-solidified mineral oil on the heat-exchange processes were established allowing to manage technological process of their packing in a polyethylene. Classification of high-solidified mineral oil to such attribute as their participation in a transport process was developed. Dependences of polythene influence on properties change of bitumen were established. It was developed the technology (without waste, energy saving, ecologically pure) allowing to pack high-solidified mineral oil into a polyethylene coating at the temperature 140...170 °C. The received results bring the essential contribution to the decision of problems of designing and automation of the equipment on packing bitumen in a polyethylene coating.

**Degree of use.** Results of the dissertation were used at the development of technological, design documentation and in the start-up of installations on packing bitumen in industrial operation at JSC «Naftan» (Belarus), ORE «Тжебиня» (Republic Poland), IC «Tatneft» and IC «Karabashneft» (Russia), Kremenchug ORE (Ukraine) and IC «Ujnefteprovod» (Kazakhstan) and at the development of the design documentation in SDB «Mechanical engineering» of Makeev (Russia).

**Scope** – Designing and operation of the equipment, environment protection, educational process, refinery enterprises.

КОВАЛЕНКО Павел Васильевич

ТЕХНОЛОГИЯ УПАКОВЫВАНИЯ БИТУМА  
И ДРУГИХ СПЕЦИАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.17.07 – Химия и технология топлив  
и специальных продуктов

Подписано в печать 24.04.08. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Печать трафаретная. Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,04. Тираж 100 экз. Заказ 699.

Издатель и полиграфическое исполнение  
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

Лицензия ЛИ № 02330/0133020 от 30.04.04 г.  
Лицензия ЛП № 02330/0133128 от 27.05.04 г.

211440 г. Новополоцк, ул. Блохина, 29