

УО «ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

УДК [655:622.694.4.052]519.865

Коваленко
Павел Васильевич

**Технология упаковывания битума и других специальных
нефтепродуктов**

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

Научный руководитель: Кандидат технических наук, доцент
Липский В.К.

Новополоцк, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.....	10
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ УПАКОВЫВАНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БИТУМОВ И ДРУГИХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВЫСОКОЗАСТЫВАЮЩИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ....	15
1.1 Состав, физико-химические свойства и область применения высокозастывающих нефтепродуктов.....	15
1.2 Технологии и оборудование для формования конечных объемов твердых высокозастывающих нефтепродуктов.....	27
1.3 Общая характеристика транспортного процесса битума и других специальных высокозастывающих нефтепродуктов.....	36
1.4 Экологические проблемы упаковывания, хранения и транспортирования битумов.....	43
Выводы по главе 1.....	49
ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ФОРМОВАНИИ КОНЕЧНЫХ ОБЪЕМОВ БИТУМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ.....	51
2.1 Обоснование выбора технологии формования конечных объемов битума с использованием полиэтиленовой пленки.....	51
2.2 Определение продолжительности охлаждения битума, упакованного в полиэтиленовую пленку, до заданной температуры.....	56
2.3 Экспериментальные исследования процесса охлаждения битума, упакованного в полиэтиленовую пленку.....	64
2.4 Результаты исследований процесса охлаждения битума, упакованного в полиэтиленовую пленку.....	74
2.5 Исследование свойств битумно-полимерных композиций.....	83
2.5.1 Исследование композиций на основе строительного битума марки БН 90/10.....	84
2.5.2 Исследование композиций на основе дорожного битума марки БН 90/130.....	88
2.5.3 Исследование реологических свойств битумно-полимерных композиций.....	92
2.6 Расчет параметров опытно-промышленной установки по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку.....	93
Выводы по главе 2.....	95

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА БЕЗОТХОДНОЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УПАКОВЫВАНИЯ БИТУМА И ДРУГИХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВЫСОКОЗАСТЫВАЮЩИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ.....	97
3.1 Разработка основ безотходной, экологически чистой технологии упаковывания битума и других специальных высокозастывающих нефтепродуктов в полиэтиленовую пленку.....	97
3.2 Разработка оборудования для упаковывания битума в рукавную полиэтиленовую пленку.....	100
3.3 Определение оптимальных параметров работы установок по упаковыванию битума в рукавную полиэтиленовую пленку.....	108
Выводы по главе 3.....	111
ГЛАВА 4. ТРАНСПОРТНЫЙ ПРОЦЕСС НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	113
4.1 Классификация нефтепродуктов по участию их в транспортном процессе.....	113
4.2 Создание технологии пакетирования битума и других твердых специальных высокозастывающих нефтепродуктов, упакованных в полиэтиленовую пленку.....	122
Выводы по главе 4.....	126
ГЛАВА 5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ УПАКОВЫВАНИИ БИТУМА.....	128
5.1 Экологические проблемы при использовании полиэтиленовой пленки для упаковывания битума.....	128
5.2 Оценка загрязнения воздушной среды при использовании бумажной и полиэтиленовой тары для упаковывания битума.....	132
Выводы по главе 5.....	134
Заключение.....	135
Библиографический список.....	138
Приложения.....	148
Приложение А.....	149
Приложение Б.....	150
Приложение В.....	151
Приложение Г.....	152
Приложение Д.....	153
Приложение Ж.....	156
Приложение И.....	158
Приложение К.....	168
Приложение Л.....	169
Приложение М.....	170
Приложение Н.....	171
Приложение П.....	172

Приложение Р.....	173
Приложение С.....	174
Приложение Т.....	175
Приложение У.....	176
Приложение Ф.....	177
Приложение Х.....	178
Приложение Ц.....	179
Приложение Ч.....	180
Приложение Ш.....	181
Приложение Щ.....	182
Приложение Э.....	183
Приложение Ю.....	184
Приложение Я.....	185
Приложение L.....	186
Приложение N.....	187
Приложение R.....	188
Приложение S.....	189

Polotsk\$SU

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВЗНП	–	высокозастывающие нефтепродукты;
НПЗ	–	нефтеперерабатывающий завод;
НХК	–	нефтехимические комбинаты;
СНН	–	склады нефти и нефтепродуктов;
КТГТ	–	контейнерный трубопроводный гидротранспорт;
ТПКС	–	трубопроводные поточно-контейнерные системы;
КПТ	–	контейнерный пневмотранспорт;
ЖД	–	железнодорожный транспорт;
АТ	–	автомобильный транспорт;
ТТ	–	трубопроводный транспорт;
ВД	–	водный транспорт;
ТП	–	транспортный процесс;
ГСМ	–	горюче-смазочный материал;
ПАУ	–	полициклические ароматические углеводороды;
ПДК	–	предельно-допустимая концентрация;
ПЭНД	–	полиэтилен низкого давления;
ПЭВД	–	полиэтилен высокого давления;
БП	–	бензапирен;
АСЕА	–	Ассоциация европейских изготовителей автомобилей;
API	–	Американский институт нефти;
ASTM	–	Американская ассоциация испытаний и материалов;
АТС	–	Технический комитет изготовителей присадок к нефтепродуктам в Европе;
АТИЕЛ	–	Техническая ассоциация европейских производителей смазочных материалов;
СЕС	–	Европейский координационный Совет по разработке методов испытаний смазочных материалов и топлив для двигателей (Европейский координационный совет);
ССМС	–	Комитет изготовителей автомобилей общего рынка (в настоящее время заменен на АСЕА);
DIN	–	Немецкие промышленные нормы;
ILSAC	–	Международный комитет по стандартизации и одобрению смазочных материалов;
ISO	–	Международная ассоциация по стандартизации;
IP	–	Институт нефти (Англия);
NLGI	–	Национальный институт смазок (США);
SAE	–	Общество инженеров – автомобилистов;

c	– удельная теплоемкость, Дж/кг·°К;
ρ	– плотность материала, кг/м ³ ;
a	– коэффициент температуропроводности, м ² /с;
λ	– коэффициент теплопроводности, Вт/м·°К;
α	– коэффициент теплоотдачи, Вт/м ² ·°К;
x	– текущая координата, м;
R	– координаты поверхности, м;
δ	– толщина упаковочной пленки, м;
$\delta_{\text{сл}}$	– толщина слоя затвердевшего битума, м;
t	– текущая температура, °С;
t_0	– начальная температура, °С;
t_3	– температура застывания битума, °С;
t_c	– температура охлаждающей среды, °С;
τ	– время, с;
θ	– относительная температура;
F_0	– критерий Фурье;
Bi	– критерий Био;
μ_n	– корни характеристического уравнения;
Nu	– критерий теплоотдачи Нуссельта;
$С_\tau$	– критерий подъемной силы Грасгофа;
Pr	– критерий физических свойств Прандтля;
Re	– критерий Рейнольдса;
ν	– кинематическая вязкость, м ² /сек;
η	– динамическая вязкость, Па·с;
τ^*	– напряжение сдвига, Па.

ВВЕДЕНИЕ

В развитии многих отраслей промышленности, в том числе химической, машиностроительной, пищевой, строительной и других важную роль играют высокотемпературные нефтепродукты (ВЗНП). Это нефтепродукты, у которых температура застывания выше температуры окружающей среды. К ним относятся битумы и их модификации с полимерными добавками в виде резиновой крошки, термопластов, пластификаторов, твёрдые нефтяные парафины и их композиции с церезинами и восками, мазуты, некоторые сорта сырой нефти и другие специальные нефтепродукты. ВЗНП представляют собой сложные коллоидные (дисперсные) системы. В зависимости от температуры нагрева ВЗНП резко меняют свои структурно-механические свойства и реологические характеристики.

Все твердые ВЗНП, к которым относятся нефтяные битумы, коксы, парафины, церезины, вазелины, воски, восковые составы и композиции, получают, потребляют и хранят при высоких температурах в горячем жидком виде, а перевозят их как в жидком, так и в твердом состоянии.

Транспортирование ВЗНП в жидком виде осуществляют с использованием специализированных транспортных средств – цистерн, бункерных полувагонов, емкостей с термостатированием и обогревом.

Для обеспечения транспортного процесса ВЗНП в твёрдом состоянии (технологии, состоящей из различных стадий, начинающейся с подготовки груза к перемещению и заканчивающейся его выгрузкой у потребителя) 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 в твёрдое состояние с целью их упаковывания для соблюдения необходимых условий транспортирования. Транспортирование ВЗНП при температуре окружающей среды в твердом состоянии осуществляется с использованием различных упаковочных материалов и тары.

Определяющими для организации транспортного процесса ВЗНП в твердом состоянии являются процессы формования их конечного объёма, связанные с образованием твердой фазы. Исследование этих процессов важно для разработки технологии и оборудования для упаковывания, хранения, транспортирования битума и других специальных нефтепродуктов, оптимизации конструктивных и режимных параметров направленные на ресурсо – и энергосбережение, охрану окружающей среды. Для транспортирования ВЗНП используют трубопроводный, железнодорожный,

автомобильный и водный транспорт. Для транспортирования битума были предприняты попытки использовать и контейнерный трубопроводный гидротранспорт (КТГТ). Однако на практике этот вид транспорта ВЗНП не нашел применения.

Перекачку ВЗНП по трубам в горячем состоянии на небольшие расстояния в стационарных условиях осуществляют на нефтеперерабатывающих заводах, нефтехимических комбинатах, предприятиях изготовления рулонных материалов и на асфальтобетонных заводах.

Для транспортирования ВЗНП на большие расстояния при экспортных поставках, доставке в отдаленные районы с перевалкой с одного вида транспорта на другой, а также для многочисленных мелких и сезонных потребителей необходимы упакованные и зачастую мелкорасфасованные продукты.

Используемые в настоящее время виды тары создают большое число проблем на всех стадиях транспортного процесса. Например, при упаковывании битума в бумажную тару она иногда в процессе налива разрывается, горячий продукт разливается, создавая опасность для персонала и окружающей среды. Кроме того операции по упаковыванию битума производят в атмосфере вредных испарений, что негативно влияет на здоровье обслуживающего персонала. При подготовке же битума к использованию от него плохо отделяется упаковочная бумага, а её остатки, попадая в битумоплавильные котлы, ухудшают качество битума и мастик.

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.

Металлические бочки применяют, как правило, для перевозки битумов в отдалённые районы Севера и на экспорт. Утилизация этой тары или её возврат практически невозможны, в то же время её цена превышает стоимость продукта. При сравнительно небольших объёмах битума, перевозимого в бочках, их использование приводит к большим потерям металла и образованию в экологически уязвимых районах бесчисленных свалок использованных бочек.

Потери битума из-за несовершенства используемой тары в странах СНГ достигают 15%, а рубракса – 40% .

Упаковывание парафина производят в виде плит, крошки или гранул после его охлаждения и затвердевания. Установки для охлаждения и упаковывания парафина имеют высокую энерго – металлоёмкость, громоздки и занимают большие производственные площади. При упаковывании сыпучего

парафина увеличивается расход тары, происходит слипание частиц при хранении.

Таким образом, несовершенство используемых в промышленности способов упаковывания, хранения и транспортирования ВЗНП обусловлено применяемой тарой. В качестве упаковочного материала может быть использована полиэтиленовая пленка, которая выгодно, отличается от традиционных упаковочных материалов.

Использование полиэтиленовой пленки в качестве упаковочного материала, для упаковывания, хранения и транспортирования битума и других специальных нефтепродуктов позволяет создать ресурсо – и энергосберегающую экологически чистую технологию, с помощью которой решаются многие из перечисленных выше проблем. Например, при потреблении битум можно закладывать в котёл не отделяя от него полиэтиленовую пленку, т.к. добавка полиэтилена улучшает качество битумных мастик, при этом практически исключаются загрязнение окружающей среды вредными парами и твердыми отходами, отсутствуют потери битума на всех стадиях транспортного процесса, снижаются затраты ручного труда. Сведений об использовании полиэтиленовой пленки в качестве тары, технологии и оборудования для упаковывания битума с температурой 140...160 °С без предварительного охлаждения в литературе не выявлено.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Настоящая диссертация представляет собой научную работу, содержащую обобщённое изложение научных положений и результатов, направленных на создание технологии упаковывания, хранения и транспортирования битумов и других специальных твердых высокозастывающих нефтепродуктов с использованием полиэтиленовой пленки, а также совершенствование технических систем, обеспечивающих их транспортный процесс.

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); ГНТП «Энергетика» – «Разработка научных основ энергосберегающей экологически чистой технологии упаковывания битума в полиэтиленовую пленку» (№ гос. рег. 1997137, 1996–2000). 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. 0187.005843, 1987–1989); 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); 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); 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/год».

Цель и задачи исследования

Цель работы – разработать безотходную, экологически чистую, энерго – и ресурсосберегающую технологию упаковывания битумов и других специальных твердых 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 упаковывание 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.

Предмет исследования – технология упаковывания битумов и других специальных твердых высокозастывающих нефтепродуктов в полиэтиленовую пленку.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

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, позволяющего 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 впервые обоснована возможность использования полиэтиленовой пленки в качестве тары для упаковывания битума и определено ее количество к его массе, которое не ухудшает физико-химические свойства. Изучены теплофизические свойства битума и других специальных нефтепродуктов. Составлено математическое описание теплообменных процессов охлаждения битума, при упаковывании в плёночную тару в горячем жидком виде, при частичном затвердевании. Получено расчётное уравнение скорости формирования защитной «корки» битума, проверена его адекватность. Выполнены экспериментальные исследования процесса охлаждения битумов при упаковывании в полиэтиленовую пленку.

В результате проведенных автором исследований и разработок разработаны новые прогрессивные технологические процессы и оборудование, обеспечивающие экологобезопасное упаковывание, хранение и транспортирование высокотемпературных нефтепродуктов.

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. Разработаны технологические схемы и регламенты установок производительностью 30000 и 100000 тонн/год.

Подготовлено учебное пособие для обучения операторов установки по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку.

Проведен авторский надзор за изготовлением оборудования и пуско-наладочными работами установок по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку на ОАО «Нафтан» (г. Новополоцк) и НПЗ «Тжебиня» (Польша). 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).

В результате проведенных исследований и разработок был создан ряд «ноу-хау», содержащихся в авторских свидетельствах на изобретения, патентах и комплектах конструкторской и технологической документации, разработанных в ходе выполнения ОКР по результатам проведенных НИР. Стоимость отдельных реализованных (в том числе за рубежом) проектов лежит в пределах от 5000 до 20000 USD. К концу 1996 года общая сумма реализации научно-технической продукции, полученной по результатам проведенных исследований, с учётом стоимости оборудования, поставляемого по контрактам, составляет ориентировочно 50000 USD, (с учётом стоимости лицензий, проданных в Польшу и Россию). За разработку и внедрение установки по упаковыванию битума на НПЗ «Тжебиня» (Республика Польша), Торуньским федеральным научным обществом, автор награжден дипломом II-ой степени. Ожидаемый экономический эффект от внедрения технологии и оборудования по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку составляет 45 828 тыс. рублей.

Апробация результатов диссертации

Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях (НТК): I НТК «Ресурсосберегающие экологически чистые технологии» (г.Гродно, 1995г); 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

По материалам диссертации опубликовано 22 научных труда, в том числе 8 статей в научных журналах, 9 материалов конференций в научных сборниках. Получено 4 патента и 1 авторское свидетельство на изобретение. Общее количество страниц опубликованных материалов –75.

Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, перечня условных обозначений, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, библиографического списка использованных источников и приложений. Общий объём текста диссертации 188 страниц, в том числе 37 таблиц на 17 страницах, 48 рисунков на 24 страницах, библиографический список из 115 наименований на 9 страницах, включая 22 публикации соискателя. Текст диссертации составляет 96 страниц; 29 приложений (А – S) с вспомогательным фактическим материалом и документами о внедрении на 42 страницах.

ГЛАВА 1

СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ УПАКОВЫВАНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БИТУМОВ И ДРУГИХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВЫСОКОЗАСТЫВАЮЩИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

1.1 Состав, физико-химические свойства и область применения высокозастывающих нефтепродуктов

Свойства нефтепродуктов – объективные особенности продукции, которые проявляются при ее создании и эксплуатации. Они подразделяются на физико-химические, эксплуатационные и технические [1].

Свойства нефтепродуктов регламентируются государственными (ГОСТами), отраслевыми (ОСТами) стандартами и техническими условиями (ТУ). В перспективе ряд этих документов должен быть заменен техническими нормативно-правовыми актами различного уровня, разработанными и принятыми в соответствии с Законом Республики Беларусь о техническом регулировании и стандартизации [2].

Свойства, характеризующие состояние нефтепродуктов и их состав называют *физико-химическими* [1]. Свойства, характеризующие полезный эффект от использования продукта и обеспечивающие надежность и экономичность эксплуатации двигателей, машин и механизмов называют *эксплуатационными* [1]. *Технические свойства* проявляются при транспортировании и хранении нефтепродуктов и подразделяются на две группы [1]. Первая группа объединяет те свойства, которые определяют *сохранность качества нефтепродуктов в процессах их транспортирования и хранения*. Все свойства этой группы могут быть отнесены к трем видам: химическая, физическая стабильность, биологическая стойкость. Вторую группу составляют свойства, определяющие токсичность, пожароопасность и склонность к электризации.

Значительную часть в объеме выпуска ВЗНП занимают битумы. Под термином битум понимают жидкие, полутвердые и твердые соединения углерода и водорода с небольшим количеством кислород-серо-азотсодержащих веществ и металлов и значительным содержанием асфальтено-смолистых веществ, хорошо растворимых в сероуглероде, хлороформе и других органических растворителях [3].

Битумы, в зависимости от происхождения, подразделяются на природные (органические) и искусственные нефтяные [3, 4, 5,]. Природные битумы в виде

твердых веществ или вязких жидкостей встречаются в чистом виде или извлекаются из асфальтовых горных пород.

Нефтяные битумы получают при переработке нефти или нефтеподобных продуктов (торфа, углей, сланцев) путем их пиролиза [3].

Битум с давних пор используется как ценный строительный материал [3, 4]. Благодаря своим высоким адгезионным и гидрофобным свойствам он находит широкое применение в дорожном строительстве, изготовлении кровельных материалов, при строительстве фундаментов зданий и сооружений, прокладке трубопроводов и в ряде других отраслей [4]. Битумы представляют собой чрезвычайно сложную смесь углеводородов и гетероорганических соединений разнообразного строения, в основном не выкипающую при температурах перегонки нефти [3, 4, 5]. Идентификация всех соединений, составляющих битумы, практически невозможна, но для решения многих задач оказывается достаточным определить содержание отдельных классов и групп веществ, входящих в их состав. Битумы, применяемые в технике, *по агрегатному состоянию* подразделяют на твердые и жидкие. Однако некоторые битумы занимают промежуточное положение – это полужидкие и полутвердые битумы. Единой физико-химической характеристики, позволяющей относить битумы к той или иной группе, нет [3]. Битумы характеризуют и сравнивают по степени текучести при определенной температуре или по температуре определения некоторых показателей. К ним относятся пенетрация, температура размягчения, растяжимость в нить (дуктильность) и температура хрупкости. Эти показатели позволяют достаточно полно охарактеризовать консистенцию битума. К основным показателям, характеризующим свойства битумов, можно также отнести адгезионные свойства, поверхностное натяжение на границе раздела фаз, когезионные, тепловые, оптические, диэлектрические и реологические свойства [3].

В странах СНГ вырабатывают широкий ассортимент различных битумов: дорожных, строительных (кровельных, изоляционных) и высокоплавких (битумы для аккумуляторных мастик, хрупкие битумы, рубраксы).

По агрегатному состоянию дорожные битумы разделяют на вязкие и жидкие. Доля дорожных битумов в объеме выпуска битумной продукции составляет примерно 70 % [3]. Все виды дорожных битумов транспортируют только в жидком виде с температурой 150...160°C, автомобильным, железнодорожным и водным транспортом. Емкости для транспортирования, этими видами транспорта, термостатированы и оборудованы системами подогрева.

Вязкие битумы используют в качестве вяжущего материала при строительстве и ремонте дорожных покрытий. Основное количество таких

битумов вырабатывают двух марок БНД и БН [4]. Характеристики вязких дорожных битумов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристика вязких дорожных битумов

Показатель	БНД 200/300	БНД 130/200	БНД 90/130	БНД 60/90	БНД 40/60	БН 200/300	БН 130/200	БН 90/130	БН 60/90
Пенетрация, мм, при температуре:									
25 °С	201-300	131-200	91-130	61-90	40-60	201-300	131-200	91-130	60-90
0 °С, не менее	45	35	28	20	13	24	18	15	10
Температура размягчения, °С, не ниже	35	40	43	47	51	33	38	41	45
Температура хрупкости, °С, не выше	-20	-18	-17	-15	-12	-14	-12	-10	-6

Некоторое количество вязких битумов вырабатывается на отдельных заводах по техническим условиям [4]. Характеристика вязких дорожных битумов марки БДУ приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Характеристика вязких дорожных битумов марки БДУ

Показатель	БДУ 130/200	БДУ 100/130	БДУ 70/100	БДУ 50/70
Пенетрация при 25 °С, мм	131-200	101-130	71-100	50-70
Температура размягчения, °С	40	43	47	51

Жидкие битумы получают смешением вязких битумов БНД с дистиллятными фракциями – разжижителями [4]. После укладки покрытия, разжижитель постепенно испаряется, загрязняя окружающую среду. Кроме того, низкая температура вспышки предопределяет их пожароопасность.

На рынке используют и импортные дорожные битумы, вырабатываемые по спецификации Neste [4] (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Характеристика вязких дорожных битумов вырабатываемых по спецификациям Neste

Показатель	BIT 500	BIT 200	BIT 120	BIT 80	BIT 65	BIT 45
Пенетрация, мм, при температуре:						
25°C	–	145-210	100-145	70-100	50-70	35-50
15°C	120-260	–	–	–	–	–
Температура размягчения, °C	31	40	44	48	52	56
Вязкость при 60°C, Па·с, не менее	12	25	40	80	160	280

Строительные битумы применяют при выполнении различных строительных работ. Доля строительных битумов в объёме выпуска битумной продукции составляет примерно 15% [4]. Этот вид битумов вырабатывают путём окисления в колоннах при температуре 270...280°C, хранят в резервуарах при температуре около 200°C, а транспортируют в твердом упакованном виде. Характеристика строительных битумов приведена в таблице 1.4 [4].

Таблица 1.4 – Характеристика строительных битумов

Показатель	БН 50/50	БН 70/30	БН 90/10
Пенетрация при 25 °C, мм	41-60	21-40	5-20
Температура, °C:			
размягчения	50-60	70-80	90-105
вспышки, не ниже	230	240	240
Дуктильность при 25°C, см, не ниже	40	3,0	1,0

Кровельные битумы применяют для производства кровельных материалов. Их разделяют на пропиточные и покровные (соответственно, для пропитки основы и получения покровного слоя). Доля кровельных битумов в объёме выпуска битумной продукции составляет примерно 15% [3]. Этот вид битумов вырабатывают путём окисления в колоннах при температуре 240...270°C, хранят в резервуарах при температуре около 200°C, а транспортируют в твердом упакованном виде. Характеристика кровельных битумов приведена в таблице 1.5 [4].

Таблица 1.5 – Характеристика кровельных битумов

Показатель	БНК 40/180	БНК 45/190	БНК 90/30
Пенетрация при 25 °С, мм	160-210	160-220	25-35
Температура, °С:			
размягчения	37-44	40-50	80-95
хрупкости, не выше	-	-	-10

Изоляционные битумы используют для изоляции трубопроводов с целью защиты их от коррозии (таблица 1.6). Их транспортируют в твердом состоянии, упакованными в крафт-бумажную тару.

Таблица 1.6 – Характеристика изоляционных битумов

Показатель	БНИ IV-3	БНИ IV	БНИ V
Пенетрация, мм, при температуре:			
25°С	30-50	25-40	20-40
0°С, не менее	15	12	9
Температура размягчения, °С	65-75	75-85	90-100

К высокоплавким нефтепродуктам относятся битумы с температурой размягчения выше 100°С. Известно несколько сортов высокоплавких битумов: битумы для аккумуляторных мастик, хрупкие битумы (лаковые), битумы – высокоплавкие мягчители (рубраксы). Все эти битумы получают глубоким окислением остатков перегонки нефти [4]. Транспортируют высокоплавкие битумы в твердом состоянии, упакованными в крафт-бумажную тару.

Хрупкие битумы предназначены для использования в лакокрасочной, шинной и электротехнической промышленности. Битумы, представляющие собой твердое вещество черного цвета без запаха, выпускают двух марок: Б и Г (таблица 1.7) [4]. Транспортируют хрупкие битумы в твердом состоянии, размещенными в крафт-бумажной таре.

Битумы – высокоплавкие мягчители (рубраксы) производят для резинотехнической и шинной промышленности. В зависимости от глубины проникновения иглы устанавливаются две марки битума: А-10 и А-30 (таблица 1.8) [4]. Транспортируют рубраксы в твердом состоянии, упакованными в крафт - бумажную тару.

Большинство битумов используют в чистом виде. Однако достаточно часто в битумы вводят различные компоненты, улучшающие те или иные их

потребительские свойства; такие модифицированные битумы называют мастиками.

Таблица 1.7 – Характеристика хрупких битумов

Показатель	Б	Г
Температура размягчения, °С	100-110	125-135
Пенетрация при 25 °С, мм, не более	2-10	0-5

Таблица 1.8 – Характеристика высокоплавких мягчителей

Показатель	А-30		А-10	
	высший сорт	первый сорт	высший сорт	первый сорт
Температура размягчения, °С	125-135	125-135	125-135	125-135
Пенетрация при 25 °С, мм	30-40	26-40	8-13	5-19

Для модификации реологических свойств в дорожные и кровельные битумы вводят полимеры. Транспортируют мастики в твердом или жидком состоянии, упакованными в крафт-бумажную, металлическую или полимерную тару.

Мастику, битумно-эластомерную выпускают пяти марок для выполнения различного вида работ (таблица 1.9).

Таблица 1.9 – Характеристика битумно-эластомерных мастик

Показатель	Норма для марок				
	Т-65	Ш-75	Ш-90	Ш-100	Г-90
Температура размягчения °С, не ниже	65	75	90	100	90
Упругость, %, не менее	35	45	50	50	40
Предельное относительное удлинение при растяжении, %, не менее:					
при +20 °С	100	450	450	300	300
при -20 °С	30	120	100	50	50

Вторым по объёму выпуска видом твёрдых нефтепродуктов являются парафиновые нефтепродукты. К ним относятся товарные и опытные образцы парафинов, церезинов и восков, представляющих собой смеси твердых при обычных температурах углеводородов [4, 6].

Парафины получают преимущественно путем депарафинизации и обезмасливания дистиллятного масляного сырья с использованием кетон-ароматических растворителей. Готовая продукция, перед погрузкой хранится, в резервуарах при температуре около 130 °С. Транспортируют парафины, как в жидком, так и твердом состояниях.

Их применяют в пищевой, медицинской, нефтехимической и других отраслях народного хозяйства [4]. Основные физико-химические свойства твердых нефтяных парафинов представлены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Характеристика твердых нефтяных парафинов

Показатель	П-1	П-2	В2	В3	В4	В5	Т-1	Т-2	Т-3	С
Температура плавления, °С	≥54	≥52	52-54	54-56	56-58	58-62	52-58	52-56	50-56	45-52
Массовая доля масла, %, не более	0,45	0,80	0,45	0,45	0,45	0,45	1,80	2,30	3,00	2,2
Пенетрация, мм, при 25 °С, не более	-	-	16	14	13	12	-	-	-	-

Церезины представляют собой смесь парафиновых углеводородов изомерного и нормального строения с температурой каплепадения 55...100°С. Промышленность выпускает нефтяные церезины, синтетические церезины, церезин для терморегуляторов, церезиновые композиции [4].

Нефтяные церезины применяют для приготовления смазок и восковых составов.

Характеристика нефтяных церезинов по температуре каплепадения представлена в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Характеристика нефтяных церезинов

Показатель	65Н	70Н	80Н
Температура каплепадения, °С	65-70	70-75	80-85

В зависимости от температуры каплепадения и области применения промышленность выпускает пять марок церезинов: 65, 70, 75, 80, 80э. Церезин марки 80э предназначен для предприятий электронной промышленности [4].

Синтетический высокоплавкий церезин представляет собой смесь твердых углеводородов метанового ряда преимущественно нормального

строения. Его используют в электронной промышленности, в восковых составах для литья по высокоплавким моделям, а также в качестве загустителей смазок для других нефтепродуктов [4].

Синтетический церезин для терморегуляторов выпускают трех марок, применяют для устройств, автоматически регулирующих тепловое состояние двигателей внутреннего сгорания в интервале температур 70...93 °С.

Церезиновая композиция – сплав церезина и парафина; применяют при изготовлении мастик, свечей, для пропитки бумаги и других целей. Транспортируют церезины, как в жидком, так и твердом состояниях.

Характеристика церезинов и церезиновой композиции приведены в таблице 1.12.

Таблица 1.12 – Характеристика церезинов и церезиновой композиции

Показатель	Церезин						Церезиновая композиция
	65	70	75	80	80э	синтетический	
Температура каплепадения, °С	65-70	70-75	75-80	80-85	80-85	≥100	56-66
Пенетрация, мм, при 25°С, не более	30	25	18	16	16	4	25

Петролатум получают при депарафинизации остаточных масел селективной очистки и применяют для получения церезина, углеводородных смазок, вазелинов, для сушки древесины и других целей. Петролатумы разделяют на пять марок в зависимости от перерабатываемого сырья и температуры каплепадения: ПСс – из сернистого; ПС, ПС-55, ПС-60, ПС-65 – из малосернистого сырья (таблица 1.13).

Таблица 1.13 – Характеристика петролатумов

Показатель	ПСс	ПС	ПС-55	ПС-60	ПС-65
Температура каплепадения, °С	≥55	≥55	55-60	60-65	65-70
Пенетрация, мм, не более	90	70	70	70	70

Вазелины представляют собой смеси парафина, церезина, петролатума и минерального масла. Применяют в медицине, ветеринарии и электротехнике [4].

Медицинский вазелин применяют в чистом виде для предохранения от коррозии хирургических инструментов, а также в качестве составной части кремов, паст, мазей для кожи, гримов, помад и других продуктов.

Ветеринарный вазелин применяют для смазывания вымени, искусственного осеменения животных.

Конденсаторный вазелин применяют для пропитки и заливки конденсаторов. Транспортируют вазелины в упакованном виде. Характеристика вазелинов представлены в таблице 1.14.

Таблица 1.14 – Характеристика вазелинов

Показатель	Вазелин		
	медицинский	ветеринарный	конденсаторный
Температура каплепадения, °С	37-50	37-50	50-60
Вязкость кинематическая, при 60°С, м ² /с, не менее	16·10 ⁻⁶	-	28·10 ⁻⁶

Воски получают фракционированием парафинов и церезинов, либо обезмасливанием специально подобранного парафиносодержащего сырья, а также путем компаундирования парафинов, церезинов, петролатумов или их смесей с полимерными, смоляными и другими добавками для усиления или придания композициям определенных свойств.

В настоящее время нефтеперерабатывающая промышленность выпускает широкую номенклатуру восков и водно-восковых составов для различных отраслей народного хозяйства [4].

Для электротехнической отрасли:

- воски для терморегуляторов; применяют в датчиках температуры, реагирующих на изменение объема воска при его плавлении и кристаллизации;
- специальные воски для датчиков температуры; применяют для терморегуляторов, обеспечивающих автоматическое поддержание заданных температур различных тепловых систем в интервале 15...102°С;
- восковые электроизоляционные композиции ЭВК-4НМу; предназначены для пропитки и герметизации телевизионных трансформаторов строчной развертки;
- пропиточный состав для проводов и кабелей, предназначенный для пропитки хлопчатобумажной оплетки проводов, кабельной пряжи и кабельной бумаги для предохранения их от гниения;
- заливочные и прошпарочные композиции (таблица 1.15), применяют для герметизации разъемных соединений, заливки кабельных муфт и прошпарки кабельной изоляции;
- заливочный вакуумный состав применяют для скрепления и герметизации вакуумных установок (таблица 1.15).

Таблица 1.15 – Характеристика заливочных и прошпарочных композиций

Показатель	Заливочный вакуумный состав	Прошпарочная и заливочная массы	
		МКП	МКС-6
Температура каплепадения, °С	≤65	40-55	40-60
Вязкость условная при 140°С,	-	≤0,5	-
Пенетрация, мм, при 25°С, не более	≤2	-	-

Для шинной отрасли промышленность выпускает: защитный воск Паралайт-17, защитный воск ЗВП, защитный воск ЗВ-ПФ, сплав АФ-1, мягчитель ПП для резины. Их применяют для защиты резины от отрицательных атмосферных воздействий, теплового и светоозонного старения, в качестве мягчителей [4] (таблица 1.16).

Таблица 1.16 – Характеристика восков для резин

Показатель	Защитные воски				Мягчитель ПП
	паралайт -17	ЗВП	ЗВ-ПФ	АФ-1	
Температура, °С:					
плавления	60-68	62-67	62-67	-	-
каплепадения	-	-	-	64-73	50
Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре:					
70°С, не более	-	-	-	-	13-16
100°С, не более	4,5-6,5	5,5-7,0	5,5-7,0	5	-

Для пищевой отрасли промышленность выпускает воск ВН - 2 и сплав СДС 13 М, предназначенные для защиты сычужных сыров от высыхания и плесневения в период их вызревания и хранения. Характеристика восков представлены в таблице 1.17 [4].

Таблица 1.17 – Характеристика воска ВН-2 и сплава СДС 13М для покрытия сыров

Показатель	ВН-2	СДС-13М
Температура плавления, °С	59-62	55-65
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с	7,0-8,5	15-25

Для текстильной промышленности воск используют как пропиточный состав для бумажных патронов (таблица 1.18) [4].

Таблица 1.18 – Характеристика пропиточных восковых составов

Показатель	ЭВК-4НМу	Для проводов и кабелей	Для бумажных патронов
Температура каплепадения, °С	105	60-70	45-55
Пенетрация, мм, при 25°С	-	25-45	16-32

Для предприятий машиностроения используют модельные восковые составы, предназначенные для точного стального литья (таблица 1.19) [4].

Таблица 1.19 – Характеристика модельных восковых составов

Показатель	МВС-3А	МВС-15
Температура плавления, °С	75-80	75-80
Кинематическая вязкость, сСт, при 100 °С, не более	10	9

Защитные восковые составы применяют для защиты изделий машиностроения от коррозии, и других воздействий (таблица 1.20) [4].

Таблица 1.20 – Характеристика защитных восковых составов

Показатель	СФ-ЛП	ПП-95/5	ПЭВ-74
Температура каплепадения, °С	85-95	≥57	-
Кинематическая вязкость, сСт, при 100 °С	20-30	-	-
Вязкость условная, °ВУ	-	-	40-60

Водно-восковый ингибированный состав ИВВС-706М - предназначен для временной консервации от атмосферной коррозии сельскохозяйственных машин, их узлов, деталей, для защиты оборудования и машин, работающих в агрессивных средах животноводческих помещений, дождевальными и поливальными машинами (таблица 1.21) [4].

Таблица 1.21 – Характеристика водно-восковой дисперсии ВВД-2М и ингибированного водно-воскового состава ИВВС-706М

Показатель	ВВД-2М	ИВВС-706М
Содержание сухого остатка, % (масс. доля)	41-46	20-26
Вязкость условная, °ВУ, не более	20	30

Мазуты относятся к группе топлив. В настоящее время промышленность выпускает котельные, тяжелые моторные, газотурбинные, судовые и печные топлива. К котельным топливам относятся топочные мазуты марок 40 и 100, к тяжелым моторным топливам – флотские мазуты Ф-5 и Ф-12, моторные топлива ДТ и ДМ, к судовым топливам относят дистиллятное топливо ТМС и остаточные топлива СВТ, СВЛ, СВС [4].

Котельное топливо применяют в стационарных паровых котлах и в промышленных печах. Тяжелые моторные и судовые топлива используют в судовых энергетических установках (таблица 1.22).

Таблица 1.22 – Характеристика мазута

Показатель	Марка топлива			
	Ф-5	Ф-12	40	100
Вязкость при 50°С, не более:				
условная, °ВУ	5,0	12,0	-	-
кинематическая, сСт	36,2	89,0	-	-
Вязкость при 80°С, не более:				
условная, °ВУ	-	-	8,0	16,0
кинематическая, сСт	-	-	59,0	118,0
Температура застывания, °С не выше	-5	-8	+25	+42
Плотность при 20°С, кг/м ³ не более	955	960	-	-

Проведенный анализ показывает, что все твердые ВЗНП транспортируют в упакованном виде при температуре окружающей среды.

Установлено, что на организацию транспортного процесса ВЗНП основное влияние оказывают физико-химические свойства, характеризующиеся такими показателями как: плотность, вязкость, теплоемкость, теплопроводность, поверхностное натяжение, электрическая проводимость, диэлектрическая проницаемость, фракционный и групповой химический состав, температура размягчения, плавления и каплепадения.

Из перечисленных показателей основное влияние на технологические процессы упаковывания, хранения и транспортирование ВЗНП, оказывают такие как вязкость, температура размягчения, плавления и каплепадения.

1.2 Технологии и оборудование для формирования конечных объемов твердых высокозастывающих нефтепродуктов

Такие свойства битумов и других специальных твердых высокозастывающих нефтепродуктов, как высокая адгезионная способность ко всем материалам, низкая теплопроводность, высокая вязкость и температура застывания при многотонажности производства являются основными причинами, которые затрудняют их охлаждение в типовом теплообменном оборудовании, ограничивают выбор упаковочных материалов [7] и оказывают влияние на выбор способов упаковывания.

Формование конечных объемов твердых высокозастывающих нефтепродуктов возможно по двум принципиально разным схемам (рисунок 1.1):

– размещение твердого продукта в таре после предварительного его охлаждения до затвердевания. По этой схеме вначале производят охлаждение промежуточных объемов продукта в различном виде (гранулы, пластины), а затем – формование его конечного объема путем упаковывания в тару, например, в мешки сыпучих нефтепродуктов (гранул) или обондероливание пластин;

– заливкой жидкого горячего продукта непосредственно в тару. По этой схеме формование конечных объемов ВЗНП происходит во время наполнения тары продуктом, например, упаковывание битумов в металлические бочки или крафт-бумажные мешки. При этом операции охлаждения продукта до температуры его перехода в твердое состояние и упаковывания совмещены во времени.

Формование конечных объемов ВЗНП, в частности, битумов для транспортирования в твердом состоянии, размещением в таре после предварительного охлаждения его промежуточных объемов до затвердевания, реализуется на целом ряде оборудования с использованием различных упаковочных материалов и тары.

Известные автоматизированные линии для осуществления этого способа довольно сложны и включают большое количество разнообразных механизмов и операций.

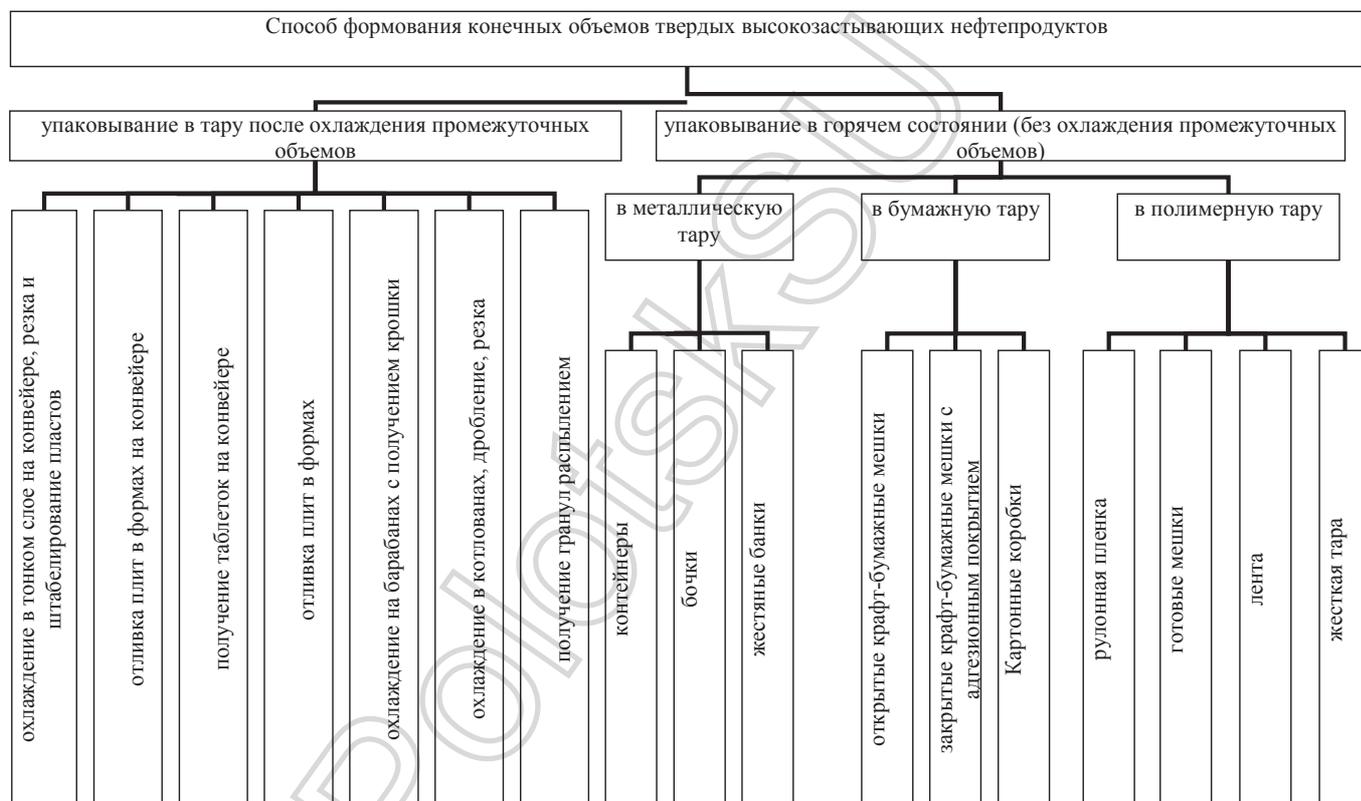


Рисунок 1.1 – Способы формирования конечных объемов твердых высокозастывающих нефтепродуктов

Фирмой «Sandvik» по лицензии Nynas [8] внедрена в промышленность установка, на которой битум охлаждают до затвердевания в тонком слое на стальной ленте конвейера. Затем слой снимают с конвейера, разрезается на плитки, которые укладывают друг на друга до получения блока массой 25 кг. Блоки битума упаковывают в термоусадочную полиэтиленовую пленку и пакетируют на стандартном поддоне. Так как этот способ реализован практически и фирма «Sandvik» активно действует на рынке, предлагая свое оборудование, остановимся на недостатках этого способа более подробно:

- потребность в большом количестве сложного оборудования, включая холодильную машину, что делает установку чрезвычайно дорогой;
- высокая энергоемкость установки (≈ 70 кВт-час на 1 тонну упакованного продукта);
- потребность в больших производственных площадях (длина конвейера – 42 м);
- потребность в антиадгезионных материалах, необходимых для изготовления ленты;
- увеличение загрязнения воздуха парами битума даже по сравнению с упаковыванием в бумагу, т.к. испарение происходит с большой свободной поверхности.

Основной недостаток этого метода формования проявляется на стадии охлаждения нефтепродуктов, при получении плит. Это связано с низкой теплопроводностью битумов, парафинов и композиций на их основе. В связи с тем, что время затвердевания таких нефтепродуктов составляет несколько часов, при толщине плит 10...15 мм на конвейере малой длины невозможно обеспечить высокую производительность. При охлаждении же слоя продукта малой толщины его необходимо резать на плиты, а затем их штабелировать, что усложняет оборудование. Механизированные установки, реализующие этот способ, имеют высокую, металло - и энергоемкость, большие габариты, они сложны и дороги. Кроме того, для надежной работы лент или форм требуются антиадгезионные смазочные материалы или покрытия. К достоинствам такого оборудования относятся хороший внешний вид и правильная форма плит, низкий удельный расход упаковочного материала, т.к. может использоваться упаковочная пленка очень малой толщины [1–А, 2–А, 3–А].

В ряде стран запатентованы способы и устройства для упаковывания битумов в полиэтиленовую пленку [9–11]. При этом охлаждение битума до затвердевания осуществляется в металлических формах с откидывающимися днищами, защищенными от его налипания антиадгезионным покрытием на силиконовой основе. Полученные бруски битума после охлаждения заворачивают в полиэтиленовую пленку. В качестве хладагента на таких установках, как правило, используют воду.

Известны способы охлаждения нефтепродуктов до затвердевания воздухом при прямом контакте. В связи с тем, что интенсивность воздушного охлаждения чрезвычайно мала, такое оборудование имеет малую производительность. Поэтому проблему часто решают путем увеличения поверхности теплообмена, например, диспергированием или охлаждением нефтепродуктов в тонком слое с последующими операциями разрезания или дробления для получения твердого сыпучего продукта в виде крошки, гранул или таблеток.

Венгерскими авторами [12] предлагается распылять и охлаждать битум в колонне воздухом, затем экструдером подавать его в формы с вкладышами из полиэтиленовой пленки и в формах доохлаждать водой до полного затвердевания. Разработки Полоцкого государственного университета [13, 14] предусматривают охлаждение битума воздухом при подаче его пневматическим распылителем на пленку, уложенную в формы, которые размещены на конвейере. После затвердевания битума половины брикета из двух форм укладываются друг на друга (как закрывается книга), и получается брикет битума в пленке. Благодаря распылению достигается высокая скорость охлаждения битума. В качестве тары, при таких технологиях используют тканевые, полимерные или бумажные мешки и резиноканевые контейнеры. Верх заполненных мешков зашивают с помощью швейных головок, размещенных над транспортерами. При использовании клапанных мешков эта операция отсутствует.

Основной недостаток формования конечных объемов продукта в виде мелких частиц – низкий коэффициент использования объема тары (около 60%), повышенный ее расход, налипание частиц на оборудовании и слипание их при хранении. Практически непреодолимым недостатком диспергирования является унос мелких частиц, обуславливающий потери продукта и загрязнение окружающей среды. Значительное загрязнение воздуха происходит и при охлаждении битума в тонком слое вследствие развитой поверхности испарения вредных веществ.

Многочисленные попытки использовать более интенсивное водяное охлаждение при непосредственном взаимодействии воды с продуктом в конечном итоге отвергались из-за обводнения продукта (битума и парафина) [15].

Формование конечных объемов ВЗНП в горячем текучем состоянии осуществляется на ряде оборудования с использованием металлической, бумажной и полимерной тары [16].

При использовании металлической тары обеспечивается надежная сохранность качества продуктов при хранении на складах нефти и нефтепродуктов, перевозках, перевалках. Этот способ упаковывания и хранения не требует затрат электроэнергии и времени на охлаждение продукта.

Недостатки – высокий расход тары, трудность извлечения из нее продукта, невозможность утилизации тары и загрязнение окружающей среды твердыми отходами, потери не извлеченного из тары продукта.

Большинство из перечисленных недостатков характеризуют и упаковывание твердых нефтепродуктов в бумажную тару. Кроме того, при использовании бумажной тары и большой массе упакованного продукта потребителю перед использованием необходимо упаковку дробить, что вызывает дополнительные потери продукта. При упаковывании ВЗНП в бумажную тару требуется охлаждение продукта до полного его затвердевания, т.к. тара не обладает необходимой жесткостью, позволяющей производить с упаковкой какие либо операции. Для производителей, такая схема формования конечных объемов, создает проблему, связанную с производственными площадями, поскольку время охлаждения конечного объема битума, весом 180...200 кг, составляет от 3 до 5 суток. В то же время цена и удельный расход бумажной тары ниже, чем металлической, поэтому такая технология нашла широкое применение у производителей.

В последние годы для упаковывания ВЗНП все большее применение находят полимерные материалы. Все полимерные материалы по отношению их температуры теплостойкости к температуре заливаемого продукта, условно можно разделить на две группы: материалы с температурой теплостойкости выше и материалы с температурой теплостойкости ниже температуры заливаемого продукта.

Если температура теплостойкости полимера выше температуры заливаемого горячего продукта, то охлаждение упакованного продукта до температуры окружающей среды может производиться при естественном или принудительном охлаждении различными хладагентами. К таким упаковочным материалам относятся полипропиленовая, полиэтилентерефталатная, ацетатная пленки. Известен целый ряд способов, основанных на использовании таких материалов для формования конечных объемов ВЗНП [17, 18, 19].

В Бельгии [17], Франции [18] и ФРГ [19] запатентованы способ и установки для упаковывания битума в полипропиленовые мешки белого цвета, размещенные в формах вертикально-замкнутого транспортера.

Благодаря высокой температуре плавления полипропилена (150...160°C) гарантируется сохранность изготовленной тары при контакте с битумом, заливаемым при той же температуре. Охлаждение битума осуществляется естественным путем, на воздухе, при движении форм по верхней и нижней ветвям транспортера. После затвердевания битума мешок выталкивается из формы в пункте разгрузки. Для осуществления этой операции в днище имеется отверстие, закрытое пластиной. Через отверстие в днище перевернутой формы вводится шток гидроцилиндра, который воздействует на пластину и через нее –

на блок битума. Для облегчения выталкивания блока из формы через шток гидроцилиндра в форму подается сжатый воздух. Извлеченный из формы блок падает на приемный транспортер.

Белый цвет полипропилена предохраняет битум при хранении от расплавления под воздействием солнечной инсоляции.

Недостатками данного способа и установки являются ручная укладка и закрепление мешков в формах, опасность заклинивания блоков в вертикальных формах. Низкая эффективность воздушного охлаждения обуславливает большую длину транспортера. Верх мешков не запечатывается, и упаковка оказывается негерметичной, что вызывает загрязнение воздуха парами вредных для здоровья веществ, а при транспортировке битума происходит его загрязнение. Кроме того, из-за высокой температуры плавления полипропилена тару не расплавляют вместе с битумом, поэтому возникают проблемы с ее утилизацией.

Патент США [20] предлагает способ упаковывания битума в картонные коробки с вкладышами из пленки толщиной 0,05...0,075 мм. Материал вкладыша должен выдерживать температуру горячего битума. Коробки и вкладыши имеют прямоугольную форму. Упаковывание производят следующим образом.

На плоском поддоне вручную устанавливают несколько картонных коробок, в них помещают вкладыши из пленки. Верхнюю часть вкладышей отворачивают вверх коробок и из гибкого переносного заливочного устройства поочередно заливают в них битум. После заполнения всех коробок заворачивают внутрь края пленочных вкладышей, закрывают и запечатывают скобками крышки коробок. Затем на первый ряд устанавливают второй ряд коробок и т.д. Число рядов коробок зависит от грузоподъемности поддона. Сформированный пакет обвязывают лентой. Вместо нескольких коробок можно использовать одну многосекционную. Недостатками данного способа являются ручная работа в атмосфере вредных испарений, длительность охлаждения битума при его большой массе в коробках, повышенные затраты на двойную тару.

В патенте США [21] предлагают способ упаковывания твердых и полутвердых продуктов, таких как битум, парафин, сера и некоторых других в полимерную пленку из полиэтилена (для парафина) и (битума), из поливинилхлорида, полистирола, целлофана и т.п. В качестве тары используют мешки, получаемые из рукава. Рукав можно получать с помощью экструдера либо из ленты пленки с наложением продольного шва на ее края. Продукт вводят в рукав через головку экструдера или через рукавообразователь. Конец рукава заваривают и опускают в форму. После наполнения мешок запечатывают и отделяют от рукава, на конце которого образуется дно

следующего мешка. Затем днище формы открывают, и мешок соскальзывает в ванну с водой для доохлаждения.

Недостатком этого способа является последовательное заполнение секций рукава, что ограничивает производительность оборудования, невозможность утилизации тары совместно с продуктом при его использовании.

В патенте ФРГ [22] предлагают горячие продукты типа битума и парафина заливать в горизонтальную открытую сверху форму в виде желоба, выложенную пленкой из целлофана, затем в слой продукта в форме вставлять вертикальные разделительные пластины, обернутые пленкой, и продукт охлаждать на воздухе. После затвердевания продукта пластины удаляют и извлекают брикеты, разделенные пленочными вставками.

Преимуществами этой технологии является высокая производительность, простота аппаратного оформления, низкие энергозатраты. Недостатки – ручная работа, вредные испарения, длительность воздушного охлаждения, периодичность процесса.

Кроме того, при такой технологии формования конечных объемов все дальнейшие операции с продуктом, возможно, проводить только после его полного затвердевания.

В тех случаях, когда температура теплостойкости полимера ниже температуры заливаемого горячего продукта, его упаковывание осуществляют по схеме – с использованием промежуточного охлаждения продукта до температуры теплостойкости полимера и последующим доохлаждением в упакованном виде, либо по схеме налива продукта непосредственно в тару но с использованием интенсивного теплообмена, позволяющего мгновенно снижать температуру продукта до температуры теплостойкости полимера или ниже.

В Великобритании [23], Японии [24], Франции [12], ФРГ [25], США [26] японскими авторами запатентованы способ и установка для упаковывания полутвердых материалов типа битума в мешки из синтетической пленки. В качестве упаковочного материала могут использоваться сополимеры винилацетата или полиэтилен низкой плотности. Установка предназначена для заливки в мешки по 20 кг битума.

Упаковывание предлагают производить следующим образом. Горячий битум предварительно охлаждают до такой температуры, при которой он сохраняет достаточную текучесть. Порцию битума заливают в открытый мешок из пленки, наружные стенки которого охлаждают водой. Затем верх мешка запечатывают термосваркой, и мешок опускают в ванну с водой, в которой он охлаждается на плаву. После затвердевания битума мешок извлекают из воды и транспортируют на склад.

В патенте Швеции [27] упаковывание битума предлагают производить следующим образом. На форму, размещенную на конвейере, укладывают полимерную пленку таким образом, чтобы она провисала внутрь формы. Затем на нее наливается из емкости доза битума. Пленка под действием веса и высокой температуры битума прижимается к стенкам формы. Битум охлаждается в форме в течение 5...10 часов в зависимости от температуры окружающей среды. Затвердевший битум извлекают из формы в виде блока с прилипшей к его поверхности пленкой. При этом температура горячего битума должна быть ниже температуры теплостойкости пленки.

Недостатком описанного способа является значительная толщина пленки – 0,6...1,0 мм, загрязнения окружающей среды парами битума, а длительное охлаждение битума – до 10 часов требует либо большой длины конвейера, либо ограничивает производительность установки.

Использование водяного охлаждения позволяет заливать горячий продукт с температурой, превышающей температуру теплостойкости и даже температуру плавления полимерной тары. Скорость охлаждения в воде значительно выше, чем на воздухе. Появляется возможность не добиваться полного затвердевания продукта, если отдельные упаковки герметично запечатаны после его заливки. За счет этого существенно сокращаются время охлаждения и связанные с ним энергозатраты [4–А, 5–А].

Большим преимуществом полимерной тары, а именно полиэтиленовой, является возможность ее утилизации вместе с такими продуктами, как битум и его композиции. Это позволяет исключить затраты труда на освобождение продукта от тары при его использовании у потребителя и загрязнение окружающей среды твердыми отходами.

Специфической проблемой водяного охлаждения пленочной полимерной тары является ее сдавливание водой и выдавливание из нее заливаемого продукта, т.к. плотность продукта в горячем состоянии меньше плотности воды.

Известны патенты [9,10,12,17–27,28,29, 6–А, 30–32], предусматривающие упаковывание битума в полиэтиленовую пленочную тару путем заливки горячего продукта в мешок или рукав из пленки, охлаждаемый снаружи водой.

Первой разработкой по использованию полиэтиленовой пленки для упаковывания битума в СССР явились разработки института Ростгипронефтехим [31, 32], которым предложен способ упаковывания битумов в полиэтиленовую пленку с использованием червячного пресса.

В соответствии с предлагаемым способом горячий битум вводят в полиэтиленовый рукав в процессе его изготовления, через битумопровод размещенный в головке червячного экструдера. Наружные стенки рукава охлаждают водой. Битум в пленке при помощи тянуще-отрезного устройства по

направляющим роликам протягивают через ванну с водой и затем сматывают в бухту или разрезают на порции.

Апробация установки на Новополоцком НПЗ не дала положительных результатов из-за всплытия рукава с битумом и, как следствие этого, расплавления пленки и вытекания битума в ванну. Во избежание проплавления пленки разрезать рукав с битумом на отдельные упаковки (порции) или сматывать его в бухту можно лишь после полного затвердевания битума в рукаве, для чего требуется длительное пребывание его в охлаждающей воде. При этом охлаждающее устройство получается громоздким, имеет большую металлоемкость, требуется большой расход энергии на протягивание рукава с битумом и на циркуляцию воды.

Кроме того, сварка отрезанных концов рукава невозможна, так как битум препятствует контакту свариваемых слоев пленки. Таким образом, упаковки битума оказываются открытыми с двух сторон (в местах резки), что делает их непригодными для хранения и транспортирования, так как битум будет выдавливаться под воздействием веса вышерасположенных упаковок при складировании и вытекать под воздействием солнечной инсоляции и повышенной температуры воздуха.

Выбор температурного режима для разработки технологии и проектирования оборудования с необходимыми параметрами оказывает большое влияние на обеспечение производительности установки.

Высоковязкие нефтепродукты, содержащие парафины и асфальто-смолистые вещества, в большинстве случаев относятся к неньютоновским жидкостям. Отклонение от закона Ньютона при течении ВЗНП по трубопроводу впервые установлено в 20-х годах прошлого столетия [33]. Изучением течения неньютоновских нефтей по трубопроводам занимались Г.И. Руж [34], В.И. Черников [35, 36], В.Е. Губин [37, 38], Г.М. Григорян [39], Cawley С. [40], В.М. Агапкин и В.А. Юфин [41], Б.В. Веденеев и Н.В. Михайлов [42] и другие исследователи.

При расчетах течения твердых ВЗНП в подогретом состоянии по технологическим трубопроводам установок использованы реологические модели нелинейно-вязких жидкостей Шведова – Бингама [43, 44], Бакли – Гершеля [45, 46], З.П. Шульмана [47].

Вопросы охлаждения битумов и нефтей в трубопроводах и транспортных емкостях рассмотрены в работах В.И. Черниковина [35, 36], В.Е. Губина [42], Б.В.Веденеева [42].

Как показал анализ, разнообразие способов формирования конечных объемов битумов, парафинов, восков, церезинов и композиций на их основе связаны со специфическими свойствами этих продуктов.

А существующие схемы формования конечных объемов нефтепродуктов условно можно разделить на две группы: – схемы, по которым происходит охлаждение промежуточных объемов, а формование конечных объемов осуществляется путем их упаковывания в тару, т. е. все операции выполняются последовательно, и схемы, где все операции формования конечных объемов (охлаждение, упаковывание) совмещены во времени.

При этом основной задачей формования конечных объемов битума и других специальных продуктов в горячем виде в полиэтиленовую пленку, решаемых при их упаковывании и охлаждении является обеспечение ее целостности, поскольку температура битума и других специальных продуктов в этот момент может составлять 140...170°C, а температура плавления полиэтилена 103...110°C.

Для исследования процесса охлаждения горячего битума при упаковывании в пленочную тару необходимо получить зависимости распределения температуры в слое битума, скорость формирования защитного слоя битума вблизи тары и его толщину в различные моменты времени. Сведений о результатах теоретического и экспериментального исследования этого процесса в литературе не выявлено.

1.3 Общая характеристика транспортного процесса битума и других специальных высокозастывающих нефтепродуктов

Транспортный процесс битума и других специальных высокозастывающих нефтепродуктов, представляет собой технологию, состоящую из следующих стадий [48, 7–А]:

- подготовки грузов к их физическому перемещению, которая включает этап формования конечного объема с операциями охлаждения и упаковывания;
- введения грузовых единиц, включающего операции хранения, учета и отпуска нефтепродуктов;
- физического перемещения – транспортирования нефтепродуктов потребителю;
- выгрузки нефтепродуктов в местах их транспортного назначения, включая операции складирования или перевалки на другой вид транспорта.

Доставка нефтепродуктов потребителям осуществляется различными видами транспорта: железнодорожным, автомобильным, водным (морским и речным) и трубопроводным [49]. Для разных видов нефтепродуктов транспортный процесс будет разным, поскольку зависит от целого ряда различных факторов.

Развитие промышленности и транспорта, потребности отечественного и международного рынка сопровождаются увеличением количества и

ассортимента используемых во всех сферах деятельности человека нефтепродуктов. В настоящее время насчитывается более тысяч наименований, нефтепродуктов выпускаемых нефтехимической промышленностью. Из-за широкого спектра выпускаемого ассортимента нефтепродуктов их классифицируют по различным признакам.

Существует *условное деление* товарных нефтепродуктов на светлые, темные, пластичные смазки и нефтехимические продукты [50]. К светлым нефтепродуктам относят бензины, керосины, топлива для реактивных и дизельных двигателей, к темным – различные масла и мазуты.

По товарной номенклатуре *в зависимости от назначения* различают нефтепродукты: топлива, растворители, смазочные масла, пластичные (консистентные) смазки и прочие [51].

По условиям применения все товарные нефтепродукты могут быть подразделены на следующие группы: топлива, осветительные керосины и растворители, смазочные материалы и другие [51].

Существует деление нефтепродуктов *по объему их производства и назначению* на топлива, масла, смазки и прочие нефтепродукты [1].

Под понятием прочие (разные) объединяется большой ассортимент нефтепродуктов, не вошедших по своему назначению и физико-химическим характеристикам в группу топлив, масел и смазок. Важнейшими из них, имеющими промышленную значимость, являются битумы, парафины, церезины, вазелины, коксы нефтяные, кислоты нефтяные [1].

Основной состав группы прочих (разных) нефтепродуктов составляют твердые нефтепродукты, к которым относятся нефтяные битумы, коксы, парафины, церезины, вазелины, воски, восковые составы и композиции [4].

Классификация нефтепродуктов настолько важна, что в рамках технического комитета 28 по стандартизации по этой теме работает отдельный подкомитет (ПК 4) [4].

Критерием для установления классификации в международной практике принята *область применения продукции*, а при определенных обстоятельствах, когда этот критерий нельзя применить, классификацию проводят *по видам продукции* [4].

В классах устанавливают наиболее общие свойства, которые моделируют поведение топлив и смазочных материалов в реальных условиях.

В США военные учреждения используют военные спецификации MIL как основы для заказов [4].

Международная классификация, как правило, базируется на национальных классификациях следующих организаций: ACEA, API, ASTM, ATC, ATIEL, CEC, CCMC, DIN, ILSAC, ISO, IP, NLGI, SAE [4].

Международный стандарт ИСО 8681 отражает общую классификацию нефтепродуктов и смазочных материалов (таблица 1.23).

Таблица 1.23 – Общая классификация нефтепродуктов и родственных продуктов по ИСО 8681

Класс	Продукт
F	Топлива
S	Растворители и сырье для химической промышленности
L	Смазочные материалы, индустриальные масла и родственные продукты
W	Парафины
B	Битумы

Однако ни в одной из известных классификаций не рассматривается объединение нефтепродуктов по их участию в транспортном процессе, одной из основных стадий которого является транспортирование нефтепродуктов до потребителя. В то же время доставка нефтепродуктов потребителю является неотъемлемым и часто проблемным этапом «жизненного цикла» нефтепродуктов в период между их производством и потреблением.

Предпринятые попытки сгруппировать нефтепродукты хотя бы по способам транспортирования [1] не привели к созданию исчерпывающей классификации, учитывающей все факторы транспортного процесса. Несмотря на то, что способы транспортирования нефтепродуктов в настоящее время уже в ряде случаев отработаны, создание такой классификации является достаточно сложной проблемой. Это связано с тем, что на выбор способа транспортирования конкретного вида нефтепродукта оказывает влияние большое число разноплановых факторов.

В число основных факторов, влияющих на характер транспортного процесса для всего спектра выпускаемых нефтепродуктов, входят:

- 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.

Анализ факторов, влияющих, на транспортный процесс нефтепродуктов, позволил условно объединить их в три группы:

I. Нефтепродукты с температурой застывания существенно ниже температуры окружающей среды, которые транспортируют только в жидком виде.

II. Нефтепродукты с температурой застывания незначительно выше температуры окружающей среды, которые можно условно именовать *низкозастывающими нефтепродуктами (НЗНП)*. Их транспортируют в жидком виде при температуре окружающей среды либо с температурой, превышающей температуру окружающей среды (в разогретом состоянии).

К этой группе можно отнести и нефтепродукты, транспортируемые в вязкопластичном виде с температурой окружающей среды.

III. Нефтепродукты с температурой застывания, существенно превышающей температуру окружающей среды, которые условно можно именовать *высокозастывающими нефтепродуктами (ВЗНП)*. По агрегатному состоянию, в котором осуществляют транспортирование этих нефтепродуктов, их можно разделить на *высокозастывающие жидкие нефтепродукты*, транспортируемые в жидком виде с температурой, превышающей температуру их застывания, и *высокозастывающие твёрдые нефтепродукты*, транспортируемые при температуре окружающей среды в твёрдом виде, помещёнными в тару или упаковку.

Особенностью транспортирования ВЗНП является то, что они могут участвовать в транспортном процессе, находясь в различных агрегатных состояниях:

- в жидком виде, что требует предварительного подогрева продукта и поддержания его температуры в заданных пределах;
- в твердом виде при температуре окружающей среды.

Транспортирование ВЗНП в жидком виде осуществляют в железнодорожных бункерах, автобитумовозах, танкерах, имеющих теплоизоляцию и оборудованных средствами обогрева, и «горячим» трубопроводным транспортом (битумопроводами, мастикопроводами).

За рубежом основное количество таких нефтепродуктов, до 90%, транспортируют в горячем жидком состоянии автобитумовозами и танкерами [15]. В ФРГ [52] до 95% битумов перевозят автотранспортом, во Франции шире используются танкеры и баржи. Доля железнодорожного транспорта при перевозке битума в зарубежных странах невелика.

«Горячим» способом в странах СНГ перевозят около 20% строительных и высокоплавких битумов, все дорожные битумы и большую часть парафинов.

Для транспортирования твердых нефтепродуктов в жидком виде в странах СНГ используется в основном железнодорожный, автомобильный и речной транспорт. При этом железнодорожным транспортом в жидком виде перевозят около 70% всех ВЗНП.

Авторами работы [53] показано, что при перевозке битумов на расстояние до 100 км экономичнее автотранспорт, а на большие расстояния – железнодорожный.

Транспортирование ВЗНП в жидком виде имеет ряд достоинств:

- из транспортного процесса исключается стадия подготовки их к физическому перемещению;
- у потребителя ВЗНП значительно снижаются затраты, связанные с их хранением, разогревом и утилизацией тары, а у производителя – за счет отсутствия операции охлаждения.

Однако транспортирование таких нефтепродуктов имеет и ряд серьезных недостатков. Это необходимость использования специализированной транспортной тары, имеющей теплоизоляцию и оборудованной средствами обогрева. Даже при наличии таких средств возникает ряд проблем, например, при поставке битумов в бункерных полувагонах или в железнодорожных цистернах партиями массой 40...50 тонн. Ковши бункеров имеют рубашку, в которую на станции назначения подают водяной пар для расплавления битума у стенки ковша перед выгрузкой. Зачастую из-за отсутствия пара или низкого его давления битум из бункеров извлекают ломом. Применение этого запрещенного приема приводит к повреждению стенок бункеров. При заполнении поврежденного бункера битум попадает в рубашку и застывает в ней. Разогреть и извлечь битум из рубашки практически невозможно. Бункеры с поврежденной рубашкой непригодны для дальнейшей эксплуатации и ремонта. Вследствие нехватки бункеров делали попытки перевозить битум в летнее время в цистернах из-под мазута. Однако этот опыт оказался неудачным: происходило застывание битума в сливном клапане, разогреть и открыть который зачастую невозможно.

К недостаткам транспортирования ВЗНП в жидком виде можно отнести и значительные затраты, связанные с порожним пробегом тары. При средних расстояниях перевозки в странах СНГ, которые составляют около 1 500 км, затраты на порожний пробег тары превышают затраты на разогрев нефтепродуктов.

Кроме того, при перевалке груза с одного вида транспорта на другой и при перевозке на большие расстояния транспортирование «горячим» способом становится практически невозможным.

В тех случаях, когда транспортирование ВЗНП в жидком виде невозможно, их перевозят в твердом состоянии – упакованными в различную тару.

Нефтепродукты с температурой застывания выше 60 °С – твердые ВЗНП транспортируют в твердом состоянии железнодорожным, автомобильным, речным и морским транспортом. Транспортирование твердых ВЗНП этими видами транспорта производят с использованием крафт-бумажных мешков, резиноканевых емкостей, металлических бочек, картонных коробок, тары из полимерных материалов [49].

До 85% строительных и высокоплавких битумов в странах СНГ транспортируют упакованными в бумажные мешки. В Республике Беларусь все твердые битумы, а это около 50000 тонн/год, перевозят в крафт-бумажной таре. Такое широкое использование крафт-бумажной тары для упаковывания твердых битумов в странах СНГ обусловлено тем, что она позволяет обеспечивать очень высокую производительность при простой технологии налива. Одновременно можно заливать до 2 тонн битума, т.е. 6...8 мешков по 200...250 кг. Это единственное достоинство использования крафт-бумаги в качестве тары для твердых битумов.

На операциях же хранения и транспортирования твердых битумов, упакованных в крафт-бумажную тару, возникают большие проблемы.

Хранение твердых битумов, упакованных в крафт-бумажную тару, предполагает наличие больших складских помещений или площадок на заводах и перевалочных нефтебазах, поскольку их складирование производят в один ярус.

Для перевозки твердых битумов используют железнодорожные полувагоны общего назначения. Битум в мешках грузят навалом или упорядоченно в 2...3 яруса. Загрузка полувагона используется примерно на 70% его грузоподъемности, т.к. болванки битума имеют неправильную цилиндрическую форму. Во избежание слипания мешков с битумом между ярусами укладывают доски, что увеличивает затраты на материалы и трудоемкость погрузки.

При перевозке битума в бумажной таре в летнее время зачастую болванки слипаются в монолитную массу, которую для выгрузки приходится дробить вручную. В результате продолжительность разгрузки превышает нормативы вдвое, увеличивается простой вагонов, происходят потери битума. Кроме того, бумажная тара является одной из причин пожаров на железнодорожном транспорте.

Крупные болванки битума в бумажной таре крайне неудобны и для потребителей. Перед закладкой в плавильные котлы их приходится дробить вручную (рубят топором) и освободить от бумаги, которая плохо отделяется от битума, а ее остатки извлекают из котлов вручную. Однако бумага все же попадает в битумные покрытия, ухудшая их качество и снижая срок службы.

Общие потери битума при упаковывании, транспортировании и подготовке к потреблению достигают 15%. Эти потери приводят к загрязнению окружающей среды твердыми отходами. Кроме того, безвозвратно теряется до 8 кг бумаги на 1 тонну битума [7,54,65].

Ценные высокоплавкие битумы типа лаковых рубраков перевозят в крытых вагонах или полувагонах с использованием резинотканевых

контейнеров объемом 1,5 м³ [54]. В бумажных мешках битум перевозят также в бортовых машинах и на самосвалах.

Небольшую часть битумов и парафинов перевозят в отдаленные районы смешанным железнодорожно-водным транспортом в металлических бочках. Утилизация этой тары или ее возврат практически невозможны, в то же время ее цена превышает стоимость продукта. Для перевозки 1 т битума требуется 6 бочек по 200 л, при этом расход металла составляет около 200 кг.

Для устранения перечисленных недостатков, связанных с использованием бочек для перевозки битума, предпринимались попытки его транспортирования в контейнерах типа СК-6-10 вместимостью 10 тонн [60]. Недостатком использования таких контейнеров является сложность извлечения из них битума, т.к. контейнер не имеет обогрева. Кроме того, неэффективно используется грузоподъемность железнодорожных платформ при возврате порожних контейнеров, т.к. их можно размещать лишь в один ярус.

Мелкорасфасованный по (10...15 кг) битум перевозят в крытых вагонах навалом. Погрузку и разгрузку производят вручную, что приводит к продолжительному простоя вагонов и требует больших трудозатрат.

Парафин для пищевой промышленности упаковывают только в многослойные бумажные, ламинированные полиэтиленом, или бязевые мешки, которые в крытые вагоны грузят навалом. Картонные коробки вместимостью 25 кг с плитами парафина формируют в транспортные пакеты на поддонах и скрепляют их стальной лентой.

Существенным недостатком бумажной тары, мешков, бочек и других видов применяемой тары является их неэкологичность, нетехнологичность при использовании у потребителя, опасность возгорания упаковок при транспортировании, а также отсутствие товарного вида и, как следствие, снижение конкурентоспособности на мировом рынке.

Многие, из перечисленных проблем, возникающих при транспортировании ВЗНП, могут быть решены путем использования полимерных материалов в качестве упаковочной тары.

Одной из попыток решения проблем транспортирования ВЗНП было создание системы контейнерного трубопроводного гидротранспорта (КТГТ) – это перевозка грузов в контейнерах потоком перекачиваемой по трубопроводу жидкости [1–А]. Возможность использования магистральных нефте-и нефтепродуктопроводов для КТГТ появляется при неполной загрузке трубопроводов или уменьшении ее с течением времени, например, при падении добычи нефти [56–61]. Разработка КТГТ совместно с московским СКБ «Транснефтеавтоматика» [62, 63] осуществлена на кафедре трубопроводного транспорта УО «Полоцкий государственный университет» (при участии автора диссертации) [56–61].

При разработке системы КТГТ изучена возможность транспортирования нефтяных битумов в контейнерах из полиэтилена [56–61]. Выбор полиэтилена для изготовления контейнеров обусловлен его доступностью, невысокой стоимостью, устойчивостью в углеводородной среде, достаточной механической прочностью и легкой переработкой. Экспериментально установлена возможность полиэтилена совмещаться с битумом и его устойчивость к бензину, дизельному топливу, мазуту [64].

Серия испытаний на магистральных нефтепродуктопроводах показала возможность многоразового использования контейнеров из полиэтилена для КТГТ [58, 59]. Выполненные расчеты [61] показали, что КТГТ неэффективен для транспортирования твердых нефтепродуктов на расстояние до 100 км по сравнению с автомобильным, железнодорожным транспортом, трубопроводными, поточно-контейнерными системами и контейнерным пневмотранспортом. Однако при расстоянии свыше 100 км и, начиная с величины грузопотока 150 000 тонн/год, КТГТ является достаточно эффективным видом транспорта.

С каждым годом к выпускаемым нефтепродуктам повышаются требования по их качеству. Проведенный нами анализ показывает, что изменение качества нефтепродуктов происходит в основном при хранении и транспортировании из-за вида тары, используемой для их упаковывания. При транспортировании ВЗНП в твердом виде в транспортный процесс нефтепродуктов вводится операция по подготовке грузов к их перемещению. Эта подготовка завершается тем, что продукт переводится из жидкого в твердое состояние, принимает определенную форму конечного объема и защищается упаковочным материалом.

Для детальной разработки и правильной организации транспортного процесса нефтепродуктов их необходимо классифицировать с учетом выявленных факторов. Решить проблему сохранения качества выпускаемой продукции можно путем анализа всех стадий транспортного процесса и научного подхода к его организации.

1.4 Экологические проблемы упаковывания, хранения и транспортирования битумов

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

Для перевозки битумов в районы Крайнего Севера, Дальнего Востока и при экспортных поставках используют, как правило, металлические бочки

вместимостью 200 л. В связи с большим числом перевалок на пути следования, сезонностью работы транспорта, дефицитом и высокой стоимостью рабочей силы возврат бочек не производится (экономически не оправдан). Утилизировать их на месте крайне затруднительно.

Поэтому громадное количество бочек, поставляемых в районы Крайнего Севера и Дальнего Востока с остатками различных продуктов, выбрасывают, загрязняя окружающую среду. По данным [55], при поставке 74 тыс. т. битума в год вместе с ним поступает 444 тыс. бочек, массой каждой от 26 до 37 кг, т.е. около 15 тыс. т. металла. Захламление этих районов не утилизируемой тарой и остатками битума в бочках, которые составляют около 4...6%, превратилось в очень серьезную экологическую проблему.

Вышедшие из строя бункерные полувагоны, используемые для перевозки битума, не находят применения в народном хозяйстве, а утилизировать их металл из-за остатков битума практически невозможно, что также ведет к загрязнению окружающей среды твердыми отходами [55].

С использованием бумажной тары сопряжен целый ряд проблем. При перевозке горячего битума в пределах установки мешки иногда разрываются, а продукт разливается, что приводит к его потерям и загрязнению рабочей площадки. Картина, приведенная на фотографии (рисунок 1.2) является типичной для битумных установок. Технология упаковывания битума в бумагу требует больших затрат тяжелого грязного ручного труда.

При перевозке в летнее время болванок битума, упакованных в бумагу, они слипаются, образуя монолит, который для выгрузки дробят вручную, что снова приводит к загрязнению окружающей среды твердыми отходами битума и его потерям. Кроме того, бумажная тара является одной из причин пожаров при перевозке битума по железной дороге, что также приводит к загрязнению окружающей среды.

Потребителю болванки битума перед закладкой в плавильные котлы необходимо освобождать ее от бумаги и дробить на мелкие куски, при этом вместе с не утилизируемой бумажной тарой выбрасывается прилипший к ней битум и образовавшаяся при дроблении крошка, что также приводит к потерям битума и загрязнению окружающей среды твердыми отходами.

При существующих технологиях упаковывания и охлаждения битума битумные установки нефтеперерабатывающих заводов выбрасывают наибольшее количество вредных (после установок коксования) веществ в атмосферу [66, 67, 8–А, 68, 69].

Выделяющиеся из горячих битумов пары содержат парафинонафтенновые и полициклические ароматические углеводороды, а также гетероциклические соединения, среди которых наиболее канцерогенен бенз - *a* - пирена (БП) [69, 70].



Рисунок 1.2 – Свалка разорвавшихся при заливке битума бумажных мешков

Проведенные Всесоюзным научно-исследовательским институтом углеводородного сырья (ВНИИУС) обследования битумных установок показали, что концентрация БП в парах, выделяющихся при заливке горячего битума в бумажные мешки, бочки, бункера и битумовозы, колеблется от 0,2 до 125 мг/м³ [69]. При сливе рубракса в котлован содержание паров углеводородов на расстоянии 20 м от котлована превышает предельно допустимую концентрацию в 4 раза [71].

В США предельно допустимую концентрацию паров битумов предложено установить равной 0,2 мг/м³, так как, по данным Национального управления по безопасности и охране здоровья, контакт с битумом может привести к раковым заболеваниям [67].

При использовании бумажной тары битум заливают с температурой 160...190 °С, и он остается на площадках в течение 3...8 суток до полного затвердевания.

Поскольку на битумных установках площадки охлаждения занимают большую территорию, то воздушная среда интенсивно загрязняется, т.к. вредные пары выделяются с большой открытой поверхности залитого в мешки горячего битума.

Определение группового состава паров битума различными методами [66, 67] показало наличие в них всех групп углеводородов (таблица 1.24).

Несмотря на то, что БП является одним из наиболее опасных веществ битумных производств, нефтеперерабатывающие заводы в настоящее время не имеют данных о размерах его выбросов по целому ряду причин.

Таблица 1.24 – Групповой химический состав битумных паров

Тип битума, условия нагрева	Содержание, % масс					Смолы I	Смолы II
	Парафино-нафтеновые	Ароматические углеводороды					
		легкие	средние	тяжелые			
Битум строительный, 180°C, 2 часа	30,2	7,1	7,3	5,9		4,9	44,6
Битум строительный 200°C, 1 час	44,5	7,3	6,6	7,2		5,2	29,2
Битум дорожный 80°C, 2 часа	30,6	2,8	2,7	3,3		10,1	50,5

Во-первых, существующие методики определения БП требуют уникальных приборов, высокой квалификации персонала при отборе проб и выполнении анализа, продолжительность которого составляет 4...5 суток. Все это неприемлемо для заводских условий. В этой связи инвентаризация выбросов БП инструментальным методом связана с огромными трудовыми затратами и может быть осуществлена в полном объеме для нефтеперерабатывающих заводов средней мощности в течение не менее 3 лет [69].

Во-вторых, если даже будет разработана доступная для предприятий методика определения БП в промышленных выбросах, это не решает проблему экологической безопасности его воздействия на окружающую среду. Главной проблемой при использовании инструментальных методов инвентаризации источников БП остается чрезвычайно высокая квалификация отбора проб. Именно от этого зависит достоверность анализов, которые сами по себе являются лишь промежуточным результатом. В зависимости от места и температуры отбора проб анализы на содержание БП от источника выброса отличаются в 100 и более раз [69].

В-третьих, сама концентрация БП в промышленных выбросах нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий в течение года колеблется в чрезвычайно широких пределах (в сотни раз), что делает невозможным установление его годовых выбросов путем единовременной инвентаризации. Многолетний опыт исследований проводимых ВНИИУС

подтверждает, что для определения валовых выбросов БП лучше всего использовать расчетные методы.

В связи с этим валовые выбросы БП рекомендовано рассчитывать по следующему уравнению (1.4) [72].

$$P = P_6 \times C \times C_{\text{бп}} \times 10^{-6}, \text{ г/год}, \quad (1.4)$$

где

P – валовые выбросы БП, г/год;

P_6 – количество сливаемого битума, т/год;

C – количество выделяемых битумных паров, м³/т (для строительных битумов, сливаемых при 160...180 °С, оно равно 0,81 м³/т; для дорожных битумов, сливаемых при 150...160 °С – 0,62 м³/т);

$C_{\text{бп}}$ – концентрация БП.

Одним из самых существенных источников загрязнения атмосферного воздуха токсичными компонентами нефтеперерабатывающей промышленности являются выбросные газы битумных производств. Содержание БП в битумах различных марок приведено в таблице 1.25 [69].

Таблица 1.25 – Содержание бензапирена в битумах

Исследуемый образец	Наименование НПЗ	Количество БП, мкг/100 м ³
БН -3 (битум нефтяной)	Ново-Уфимский НПЗ	1349
БН -3	Рязанский НПЗ	1342
БНД -40/60 (или БН -3)	Московский НПЗ	1745
БН -3,5	Московский НПЗ	1220
БН -3	Ново – Ярославский НПЗ	1275
БН -5 ГОСТ 1544-52	Рязанский НПЗ	2663

Основным источником загрязнения атмосферы БП является газ окисления битумной установки, количество которого зависит от температуры размягчения битума (таблица 1.26) [69].

Таблица 1.26 – Выход газа окисления товарного битума

Температура размягчения битума (T_p)	Выход газа окисления, % масс. от товарного битума
$T_p = 50-60$ °С	2,0
$T_p = 80-90$ °С	8,0
$T_p = 120-140$ °С	16,0

Содержание БП в газах окисления достигает $4,75 \dots 400 \text{ мкг/м}^3$ [69], что во много раз превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) этого вещества. При нормальной эксплуатации оборудования концентрация БП на территории битумной установки обычно колеблется $1 \dots 16 \text{ мкг/м}^3$ [69].

Среднегодовая концентрация БП в дымовых газах печей дожига камерного типа битумных производств колеблется в пределах $0,9 \dots 1,85 \text{ мкг/м}^3$. Для печей дожига циклонного типа эти значения колеблются в пределах $0,08 \dots 1,3 \text{ мкг/м}^3$.

Сливные устройства битумных установок также являются достаточно крупными источниками загрязнения атмосферы. Пары, выделяющиеся при наливе горячего битума в крафт-мешки и битумовозы, являются по существу остаточными газами окисления. Проведенные обследования показывают, что в зависимости от режима окисления концентрация БП в газах, выделяющихся при разливе битума, может колебаться в диапазоне от 0,2 до $125,0 \text{ мкг/м}^3$ [69]. Поэтому установить среднегодовую величину выброса на основе единовременной инвентаризации невозможно. При определении этой величины пользуются среднеотраслевыми данными.

Концентрация БП в газах, выделяющихся при сливе горячего битума, зависит от температуры разлива битума и принимается по данным рисунка 1.3 [69].

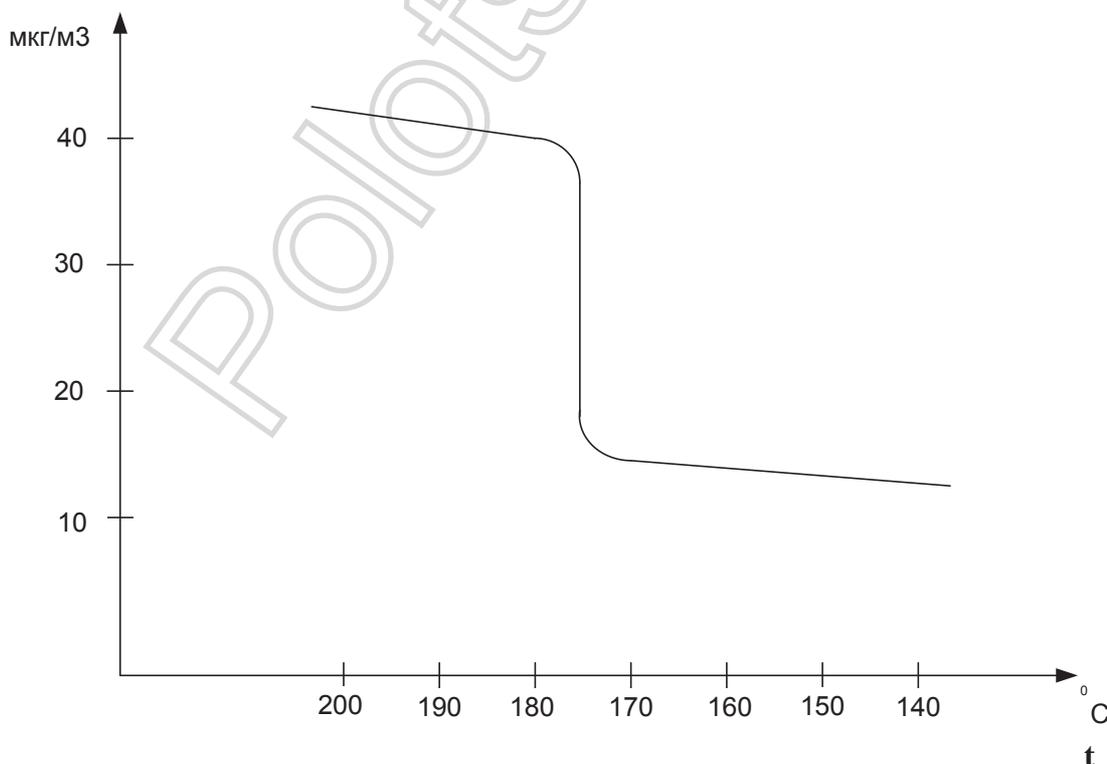


Рисунок 1.3 – Зависимость изменения концентрации БП от температуры битума

Проведенный анализ показывает, что битумное производство вносит немалый вклад в загрязнение окружающей среды вредными парами и твердыми отходами.

Решить многие экологические проблемы, возникающие на стадии упаковывания, хранения и транспортирования ВЗНП, можно путем применения новых схем формования конечных объемов с использованием новых упаковочных материалов.

При мелкой фасовке битумов их можно упаковывать в полиэтиленовую пленку. При этом твердые отходы не образуются, т.к. исключается необходимость дробления битума, а тара утилизируется вместе с продуктом. Попутно может быть получен дополнительный эффект утилизации отходов полиэтилена, т.к. в качестве упаковочного материала для битума вполне пригодна пленка из вторичного полиэтилена, т.е. из отходов.

В то же время обстановка с загрязнением воздушной среды может в ряде случаев даже ухудшиться при переходе на новые технологии упаковывания битума. В частности, если технология предусматривает охлаждение горячего битума в тонком слое (на конвейере, барабане и др.) или диспергирование, то по сравнению с существующим способом розлива битума в крафт-бумажную тару поверхность свободного испарения и выделение вредных паров значительно увеличиваются [8–А].

Выводы по главе 1

1. Твердые высокозастывающие нефтепродукты транспортируют в упакованном виде при температуре окружающей среды, автомобильным, железнодорожным, водным транспортом. Установлено, что на организацию транспортного процесса ВЗНП основное влияние оказывают их физико-химические свойства.

2. Разнообразие способов формования конечных объемов битумов, парафинов, восков, церезинов и композиций на их основе связаны со специфическими свойствами этих продуктов.

3. Для упаковывания битумов, имеющих температуру размягчения выше 60°C , используют в основном крафт-бумажную тару и металлические бочки. Имеются сведения об использовании и полимерных материалов, в том числе полиэтилена для упаковывания битума. В Республике Беларусь все строительные битумы (БН 70/30, БН 90/10), а это около 50000 тонн/год упаковывают в крафт-бумажную тару. Бумажная тара имеет следующие недостатки: мешки, при наливке битума, иногда разрываются, а продукт, разливаясь, приводит к его потерям и загрязнению рабочей площадки; при,

транспортировании, в летнее время болванки битума, слипаются, образуя монолит, который для выгрузки дробят вручную, что снова приводит к загрязнению окружающей среды твердыми отходами битума и его потерям; бумажная тара является одной из причин пожаров при перевозке битума по железной дороге, что также приводит к загрязнению окружающей среды; потребителю болванки битума перед закладкой в плавильные котлы необходимо освобождать от бумаги и дробить на мелкие куски, при этом вместе с не утилизируемой бумажной тарой выбрасывается прилипший к ней битум и образовавшаяся при дроблении крошка, что также приводит к потерям битума и загрязнению окружающей среды твердыми отходами; операции по упаковыванию битума производятся в атмосфере вредных испарений, что негативно влияет на здоровье обслуживающего персонала. Выделяющиеся из горячих битумов пары содержат: парафинонафтеновые и полициклические ароматические углеводороды; гетероциклические соединения, среди которых наиболее канцерогенен бензапирен (БП).

Недостатки, свойственные бумажной таре, могут быть устранены путём её замены полиэтиленовой упаковкой, которая имеет следующие достоинства: её можно использовать вместе с продуктом, благодаря чему не происходит загрязнение окружающей среды твердыми отходами; отсутствуют потери битума при подготовке к потреблению; отсутствует потребность в ручном труде при освобождении битума от тары; сохраняются качества битума, а при перевозке он не слипается и не возгорается.

4. Существующие технологии упаковывания битумов с точки зрения энерго – и ресурсосбережения, экологической безопасности несовершенны. При существующих технологиях и используемой таре потери битума достигают 15%.

5. Широкое использование плёночной полиэтиленовой упаковки сдерживается сложностью обеспечения заливки горячего битума непосредственно в плёночную полиэтиленовую упаковку, отсутствием оборудования и инженерных методов технологического расчёта такого оборудования. В литературе не выявлено сведений по технологиям упаковывания битума при температуре 140...170°C в полиэтиленовую пленку, с температурой плавления около 105°C, без предварительного охлаждения.

ГЛАВА 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ФОРМОВАНИИ КОНЕЧНЫХ ОБЪЕМОВ БИТУМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ

2.1 Обоснование выбора технологии формования конечных объемов битума с использованием полиэтиленовой пленки

Литературный обзор, приведенный в главе 1, показал что, наиболее перспективными способами формования конечных объемов являются способы, основанные на использовании тары, изготовленной из полимерных материалов. При этом полиэтиленовая пленка из всех полимерных материалов является наиболее перспективной. В то же время на рынке отсутствуют эффективные способы и оборудование для упаковывания ВЗНП в полиэтиленовую пленку, а существующие имеют следующие основные недостатки:

- стадия формования конечных объемов имеет промежуточную операцию, связанную с охлаждением промежуточных объемов продукта;
- высокая энергоемкость оборудования, связанная с низкой эффективностью теплообменных процессов;
- загрязнение окружающей среды не утилизируемой тарой, твердыми отходами битума и вредными выбросами легких углеводородов, в том числе канцерогенов.

Новые разрабатываемые технологии и оборудование должны быть направлены на устранения этих недостатков. В связи с этим нами для разработки технологии формования конечных объемов (упаковывания) битума и других специальных высоkozастывающих нефтепродуктов с использованием полиэтиленовой пленки приняты следующие решения:

- формование конечных объемов битума определенных размеров осуществлять по схеме совмещения во времени операций охлаждения и упаковывания;
- для интенсификации теплообменных процессов использовать двухстороннее охлаждение водой;
- для формирования необходимых конечных размеров и формы упакованному продукту, использовать металлическую перфорированную теплообменную секцию;
- форма упакованного продукта должна быть близкой к прямоугольной;
- для обеспечения надежности работы оборудования и снижения его энергоемкости использовать двухстадийную схему дозирования и охлаждения продукта;

- для уменьшения выбросов вредных веществ упаковку герметизировать;
- для исключения загрязнения окружающей среды тарой использовать ее вместе с продуктом;
- разработку технологических и конструктивных параметров оборудования производить с учетом всех стадий транспортного процесса.

В соответствии с принятыми решениями технологический процесс формования конечных объемов битума с использованием полиэтиленовой пленки состоит из следующих основных операций:

- перекачки битума из емкостей готовой продукции по технологическим трубопроводам в дозатор;
- изготовления тары из полиэтиленовой пленки;
- подачи битума из дозатора в тару;
- охлаждения битума, помещённого в герметичную тару.

Наиболее важным этапом формования конечных объемов битума с использованием полиэтиленовой пленки является процесс охлаждения плёночной тары в момент ее наполнения горячим продуктом, который должен обеспечивать сохранность тары от проплавления.

Битум получают в жидком состоянии при высоких температурах и откачивают его в продуктовые емкости. Из продуктовых емкостей битумы с температурой 160...190°C упаковывают в различную тару. Как показано в главе 1, битум охлаждают перед помещением в тару, либо непосредственно в таре в процессе заливки или после нее.

В качестве хладагента для охлаждения битума используют, как правило, воздух или воду. При использовании металлической или бумажной тары не возникает потребности в расчете теплового процесса, т.к. охлаждение производится естественным путем и не связано с энергозатратами на подачу хладагента.

Однако во всех других случаях (при охлаждении на ленте конвейера, в заливочной форме, на поверхности барабана или в полиэтиленовой таре) для проектирования оборудования и выбора оптимального технологического режима необходимо осуществлять расчеты процессов охлаждения битума. В литературе сведений по методам проведения таких расчётов не выявлено, а опубликованные результаты немногочисленных экспериментальных исследований не дают достаточной информации для их обобщения и использования.

Процессы охлаждения битумов и других горячепластичных материалов являются нестационарными. Кроме того, они меняют свое агрегатное состояние, переходя из жидкого – в твердое.

В соответствии с принятыми решениями, охлаждение тары с битумом происходит водой в две стадии: при заливке – в форме и доохлаждение – в ванне. На первой стадии – во время заливки, плёночная тара с горячим жидким продуктом размещается вертикально в разъемной металлической форме, где в

течение нескольких минут (2...3), ее наружная поверхность охлаждается водой. На этой стадии основной задачей является обеспечение сохранности пленки до момента попадания ее в ванну. Это связано с тем, что температура заливаемого продукта на этой стадии составляет 140...170°C, а температура плавления полиэтилена – 103...110°C.

Для решения этой задачи требуется знать распределение температуры в слое битума, скорость формирования защитного твердого слоя битума на внутренней поверхности тары и его минимальную толщину, обеспечивающую сохранность полиэтиленовой пленки.

На второй стадии – во время доохлаждения в ванне тара с битумом расположена горизонтально и перемещается в воде на плаву, т.к. у жидкого битума плотность меньше, чем у воды.

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. При этом возникает вопрос об учете тепла кристаллизации. Однако, поскольку битумы представляют собой сложную смесь большого числа различных компонентов, не имеющих постоянной температуры кристаллизации, его затвердевание следует рассматривать как потерю текучести вследствие резкого возрастания вязкости при охлаждении. С другой стороны, с учетом высокой вязкости битумов закономерно предположение о том, что конвективным переносом тепла можно пренебречь. Высказанные предположения должны быть проверены, а полученные результаты использованы при разработке методики расчета процесса охлаждения битума, упакованного в полиэтиленовую пленку.

Известно, что битум является высоковязким материалам, причем вязкость битума существенно зависит от его происхождения, т.е. из какой нефти он получен. Реологические свойства битума довольно хорошо изучены. По структуре битум делят на три типа: 1 – золь, 2 – золь-гель, 3 – гель [65].

Битумы ведут себя как ньютоновские жидкости, когда их вязкость снижается до 10...100 Па×с [65]. В интервале температур 140...180°C вязкость битума изменяется прямолинейно для всех марок, полученных разными способами [65]. При более низких температурах битум подобен структурированным жидкостям. Для подтверждения предположения об отсутствии конвективного переноса тепла в лаборатории совместно с фирмой «Нааке» (ФРГ) исследованы реологические характеристики битума марки БН 70/30 ОАО «Нафтан» и битума марки БН 90/10 полученного из Каражанбасской нефти [9–А, 10–А].

Паспортные характеристики исследованных образцов битума приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1–Характеристика образцов битума

Показатель	Величина параметра		
	битум БН 70/30 ОАО «Нафтан»	битумы из Каражанбасской нефти	
	№ 3	№ 2	№ 1
Температура размягчения по К и Ш, °С	73	77	85
Пенетрация при 25 °С, мм	29	22	13
Растяжимость при 25 °С, см	4	3,5	3

Образцы битума из Каражанбасской нефти № 1,2 предоставлены Институтом органической химии АН Казахстана.

На рисунках 2.1– 2.4 представлены реологические характеристики битума, полученные на вискозиметре и с помощью уравнения, описывающего зависимость напряжения сдвига от температуры.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при охлаждении до 150 °С битум уже становится неньютоновской жидкостью. Таким образом, при отсутствии усилия сдвига, что характерно для условий охлаждения битума в заливочной форме, вероятно, влияние конвективного переноса на теплоотвод будет несущественным.

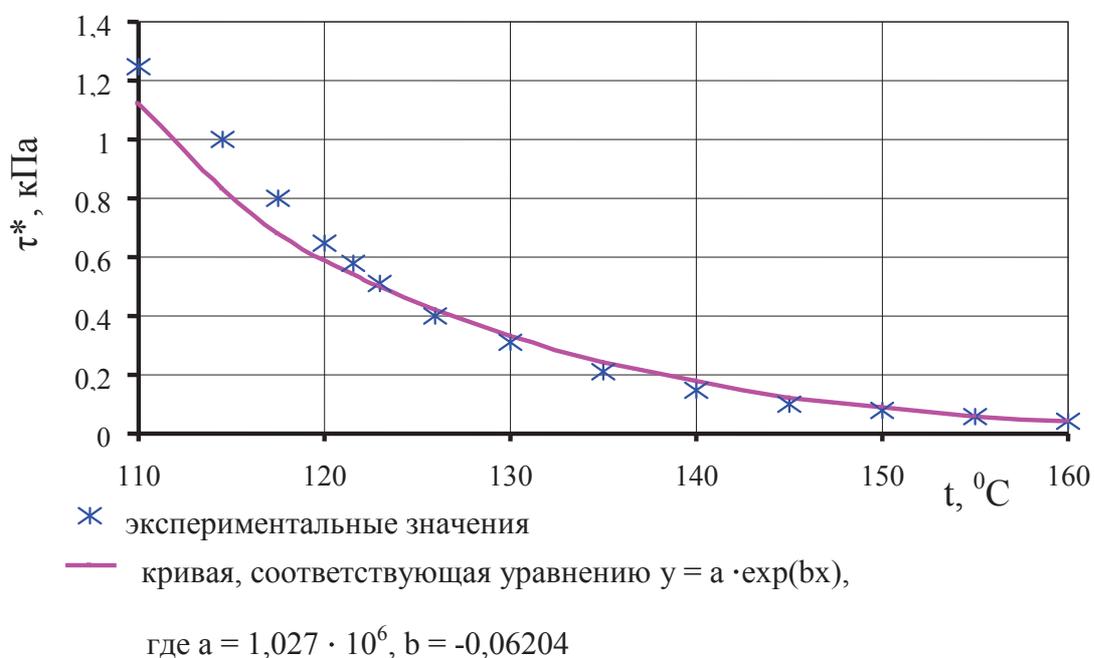


Рисунок 2.1 – Зависимость напряжения сдвига от температуры для образца №2

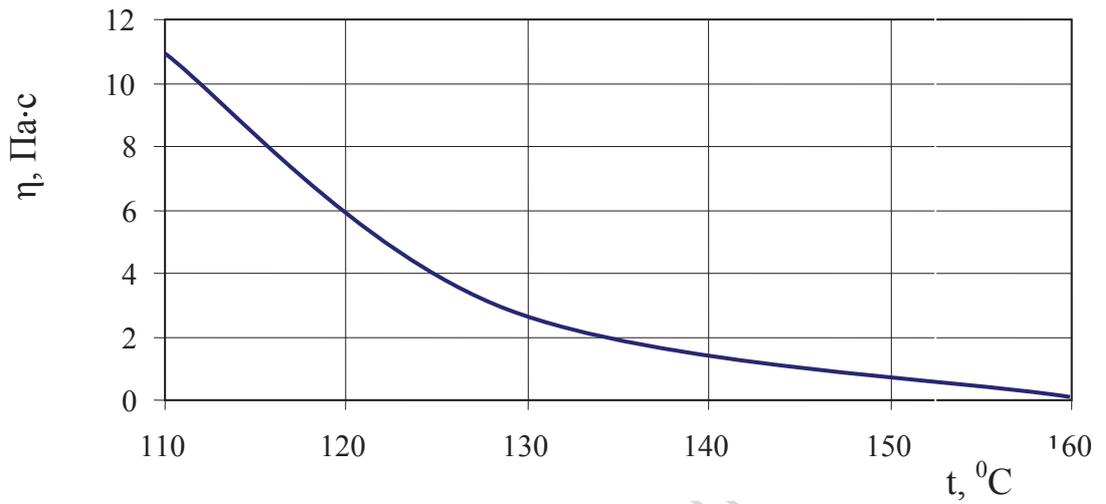


Рисунок 2.2 – Изменение динамической вязкости битума (образец № 2) в зависимости от температуры

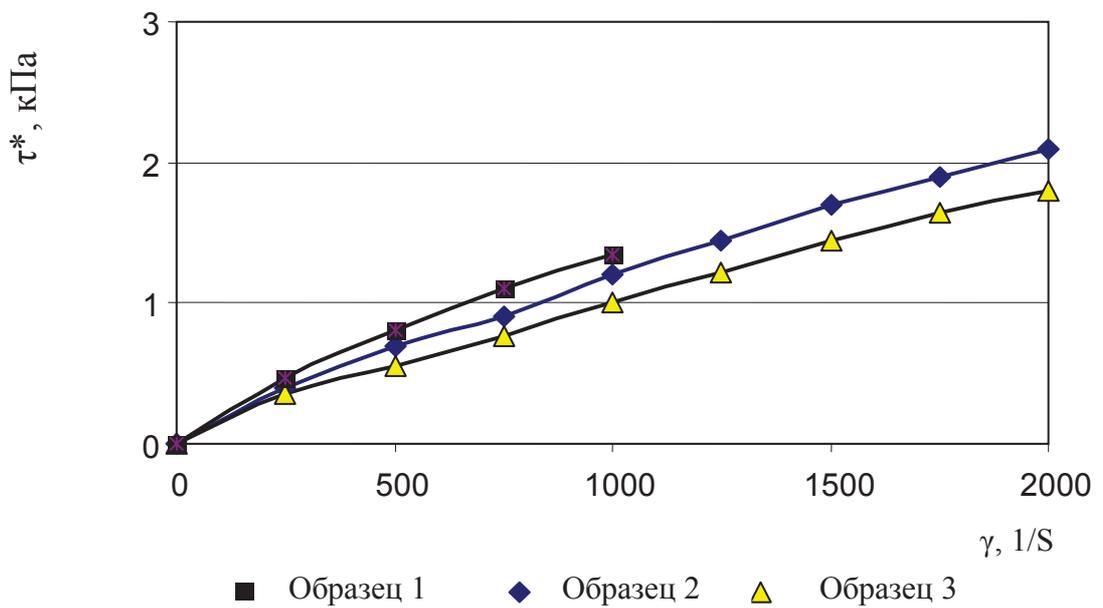


Рисунок 2.3 – Зависимость напряжения сдвига образцов битума № 1,2,3 от градиента скорости при температуре 150 °C

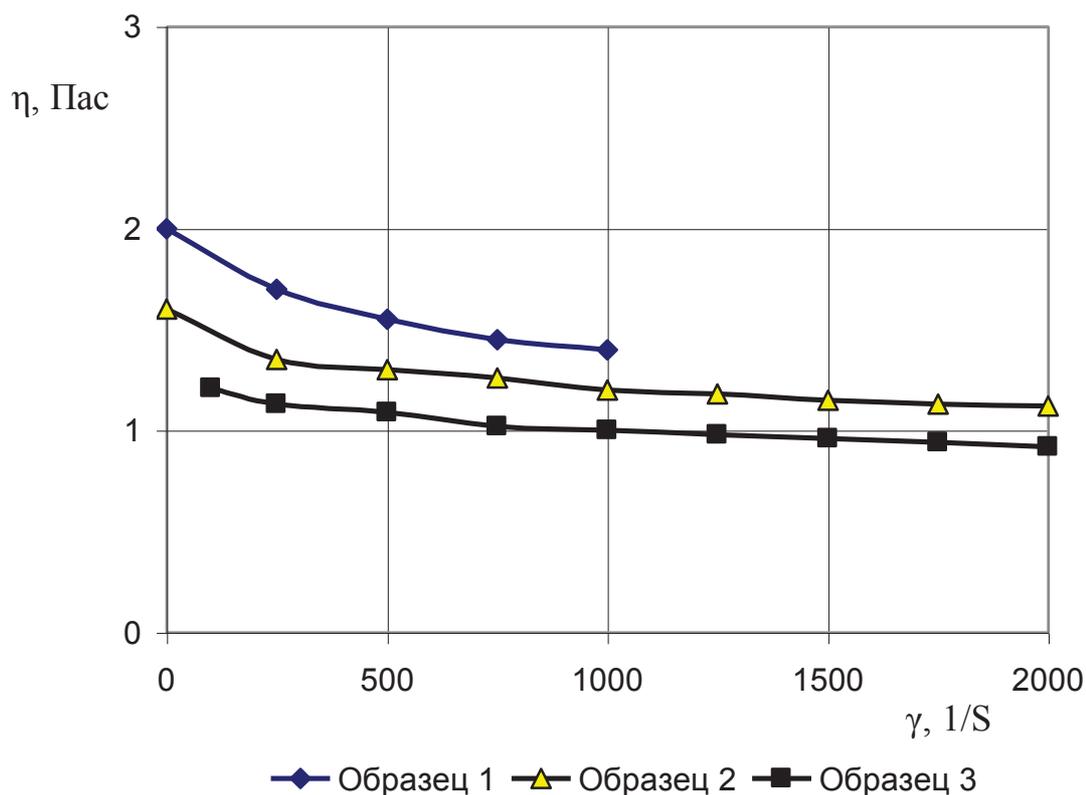


Рисунок 2.4 – Вязкость образцов битума № 1,2,3 при температуре 150 °С в зависимости от градиента скорости

2.2 Определение продолжительности охлаждения битума, упакованного в полиэтиленовую пленку, до заданной температуры

В соответствии с принятым решением, на первой стадии охлаждения упаковка с битумом находится в форме в вертикальном положении. Время пребывания упаковки с битумом в форме определяется временем формирования в ней «корки» – защитного слоя затвердевшего битума необходимой толщины, обеспечивающей сохранность тары в течение времени, необходимого для перемещения брикета в ванну.

Таким образом, основным фактором, оказывающим влияние на обеспечение сохранности тары на стадии заливки при нахождении брикета в форме, является время его охлаждения, которое зависит от свойств битума, его начальной температуры и температуры хладагента.

Время охлаждения на этой стадии, с одной стороны, обеспечивает сохранность тары от разрушения, с другой – определяет производительность оборудования.

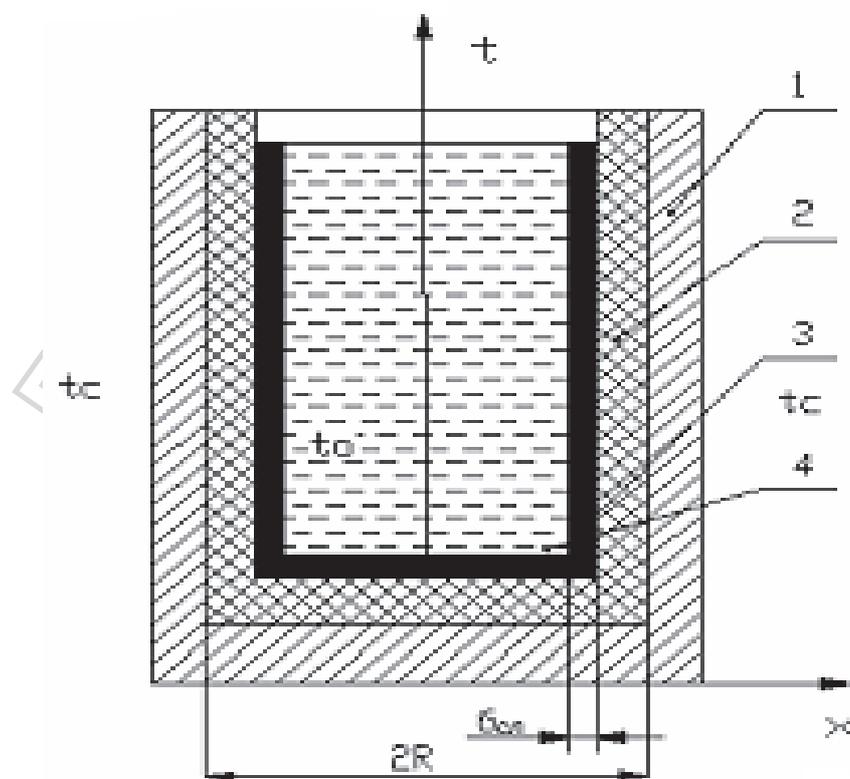
На второй стадии, когда брикет находится на плаву в охлаждающей ванне, время охлаждения определяет емкость и размеры охлаждающей ванны, а,

следовательно, и геометрические параметры установки по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку.

Поэтому для проектирования оборудования и определения его оптимальных технологических параметров необходимо установить закономерности процесса охлаждения битума, упакованного в полиэтиленовую пленку. Эти закономерности должны быть обобщены в виде уравнения, связывающего скорости формирования защитного слоя битума на полиэтиленовой пленке в зависимости от его свойств, начальной температуры и температуры хладагента.

В соответствии с принятым решением, для формирования конечного объема битума использованы полиэтиленовые мешки или блочная тара из рукава, что позволяет иметь конфигурацию брикета битума близкой к прямоугольной, а для интенсификации теплообменных процессов его ширина должна быть значительно меньше длины и высоты. Поэтому битум, залитый в пленочную тару, орошаемую водой, можно рассматривать как систему двух пластин, находящихся в тепловом контакте. Таким образом, для стадии заливки имеем симметричную задачу нестационарного процесса охлаждения при свободном движении жидкости в ограниченном объеме (жидкий битум в таре).

Расчетная схема процесса охлаждения битума, упакованного в полиэтиленовую пленку, представлена на рисунке 2.5.



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

Рисунок 2.5 – Расчетная схема охлаждения битума

Для решения поставленных задач необходимо установить зависимости распределения температуры в битуме, упакованном в полиэтиленовую пленку, скорость изменения толщины слоя застывающего битума, необходимую толщину защитного твердого слоя битума, обеспечивающего сохранность тары, от времени его охлаждения [73, 11–А].

С учетом допущений об одномерном переносе тепла (т.е. только по толщине слоя) и малости конвективных потоков уравнение теплопроводности имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial \tau} = \nu \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}. \quad (2.1)$$

Толщина пленочной тары δ составляет от 60 до 200 мкм, т.е. она 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. Таким образом, термическое сопротивление полиэтиленовой пленки δ/λ невелико и ее наличие практически не изменяет температуру у поверхности упаковки.

В связи с этим граничные условия четвертого рода [74], 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:

$$-\lambda \cdot \frac{\partial t(R, \tau)}{\partial x} = \alpha_c [t(R, \tau) - t_c], \quad (2.2)$$

где

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м×К;

R – расстояние от поверхности, м;

τ – время, с;

α_c – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²× К;

t_c – температура охлаждающей среды, °С.

Определить характер распределения температуры в битуме можно, оценив величину критерия Био:

$$Bi = \frac{\alpha_c \cdot R}{\lambda}, \quad (2.3)$$

где

Bi – критерий Био.

Приняв для воды значение $\alpha_c=1000$ [75], для битума $\lambda=0,12$ [75] и $R=0,05$, имеем $Bi = 416$.

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 [76].

Тогда граничные условия третьего рода переходят в условия первого рода – постоянство температуры на поверхности, при начальных условиях:

$$t(x, \tau) = t_c \text{ при } \tau = 0 \text{ и } x = 0, \quad (2.4)$$

где

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

x – текущая координата, м.

С учетом этих допущений и постоянства теплофизических свойств поставленная задача преобразуется в классическую задачу нестационарной теплопроводности с граничными условиями первого рода, решение которой для бесконечной пластины имеет следующий вид [73,76–78]:

$$\theta = \frac{t(x, \tau) - t_c}{t_0 - t_c} = \sum_{n=1}^{\infty} \cos\left(\mu_n \frac{x}{R}\right) \exp\left(-\mu_n^2 Fo_x\right) \quad (2.5)$$

где

θ – относительная, избыточная температура;

t_0 – начальная температура битума, °С;

A_n, μ_n – коэффициенты уравнения;

$Fo_x = \frac{x \cdot \tau}{R^2}$ – критерий Фурье;

a – коэффициент температуропроводности, м²/с.

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 [73,76,77]:

$$\theta = \frac{t(x, \tau) - t_c}{t_0 - t_c} = \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a\tau}}\right) = \operatorname{erf}\left(\frac{1}{2\sqrt{Fo_x}}\right). \quad (2.6)$$

Примечание – erf – функция, называют интегралом вероятности или интегралом ошибок.

Для инженерных расчетов функция erf может быть аппроксимирована следующим выражением [79]:

$$\operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a\tau}}\right) = \sqrt{1 - \exp\left[-1,26\left(\frac{x}{2\sqrt{a\tau}}\right)^2\right]}. \quad (2.7)$$

Расчетные значения температуры могут быть найдены по уравнению:

$$t_p = \theta \cdot (t_0 - t_c) + t_c, \quad (2.8)$$

где

t_p – расчетная температура битума, °С.

А.В.Лыковым [73] показано, что охлаждение в первые моменты происходит аналогично охлаждению полуограниченного тела, а когда начало координат находится на поверхности, число Фурье рассчитывают по следующему уравнению:

$$Fo_x = a\tau/x^2. \quad (2.9)$$

Температурное поле битума, упакованного в полиэтиленовую пленку, при охлаждении водой, рассчитанное по уравнениям 2.6 и 2.8 представлено на рисунке 2.6.

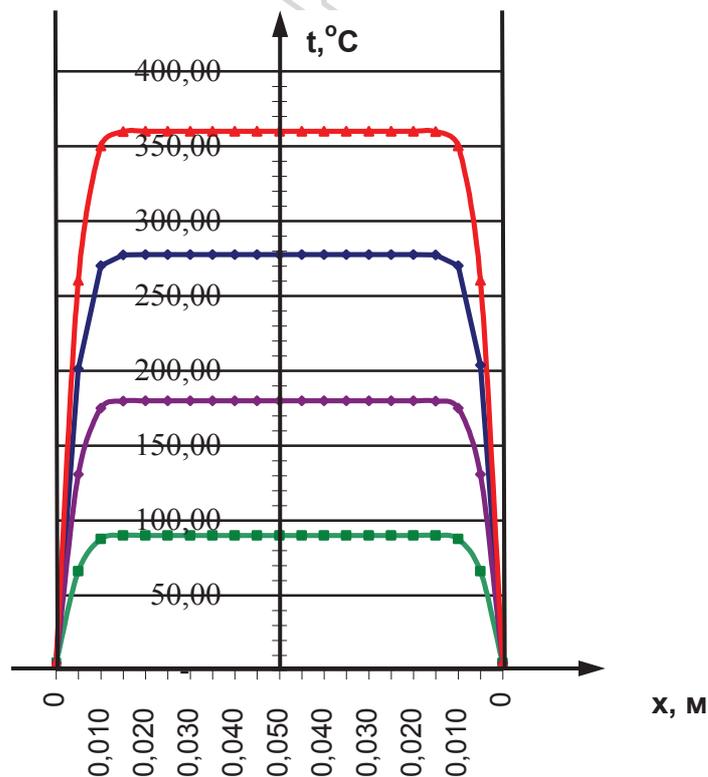


Рисунок 2.6 – Распределение температур в упаковке битума при $t_c = 5^\circ\text{C}$

Для получения уравнения, определяющего скорость формирования защитного слоя твердого битума на первом этапе охлаждения, примем $t(x, \tau) = t_3(\delta, \tau)$, а $x = \delta_{сл}$ в уравнении 2.6 и найдем зависимость толщины формирования слоя твердого битума на внутренней поверхности тары от времени его охлаждения:

$$\frac{t_3(\delta, \tau) - t_c}{t_0 - t_c} = \operatorname{erf}\left(\frac{\delta_{сл}}{2\sqrt{a\tau}}\right), \quad (2.10)$$

где

t_3 – температура застывания битума, °С;

$\delta_{сл}$ – толщина слоя твердого битума, м.

Графики изменения толщины слоя твердого битума вблизи поверхности охлаждения от времени, полученные на основании уравнения 2.10, приведены на рисунках 2.7 – 2.10.

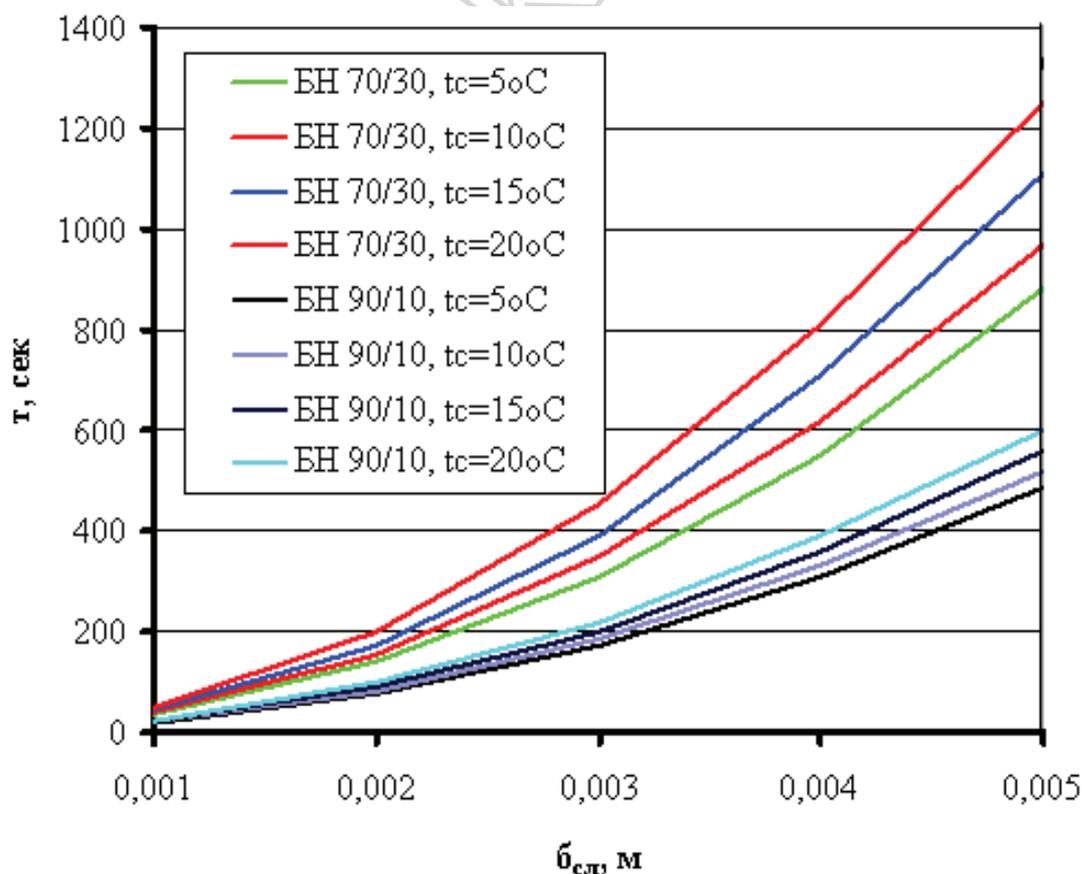


Рисунок 2.7 – Скорость формирования слоя твердого битума при $t_0=180^\circ\text{C}$

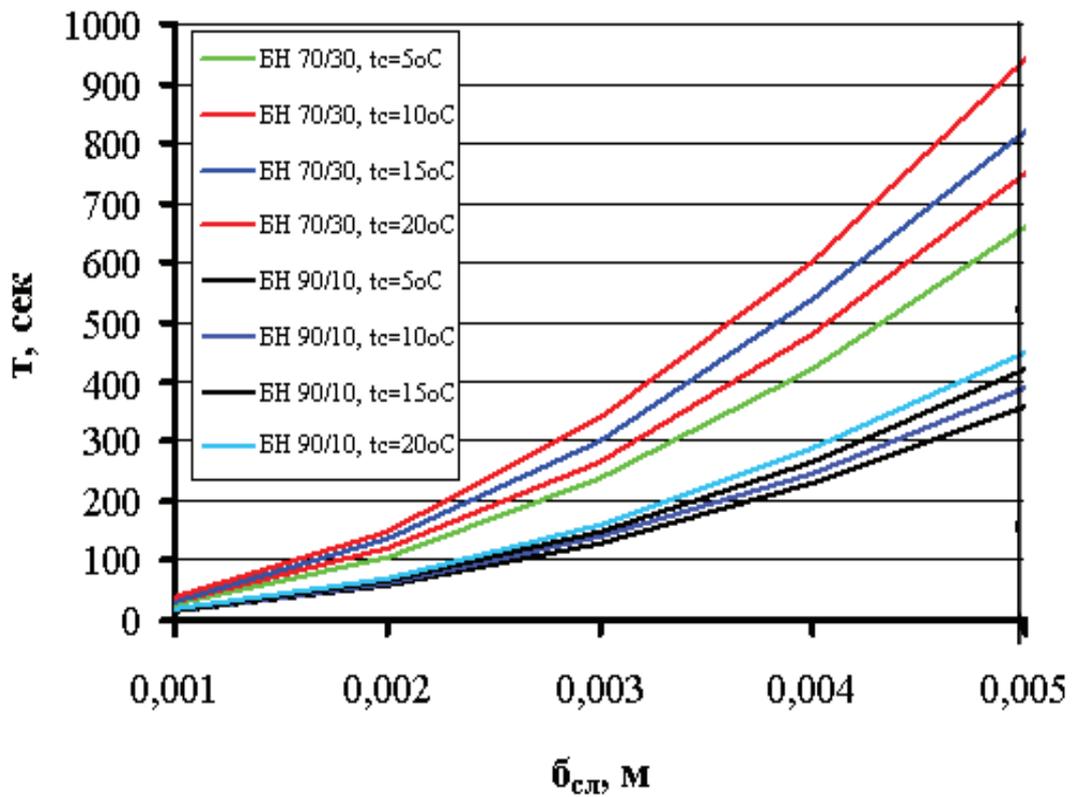


Рисунок 2.8 – Скорость формирования слоя твердого битума
При $t_0 = 160^\circ\text{C}$

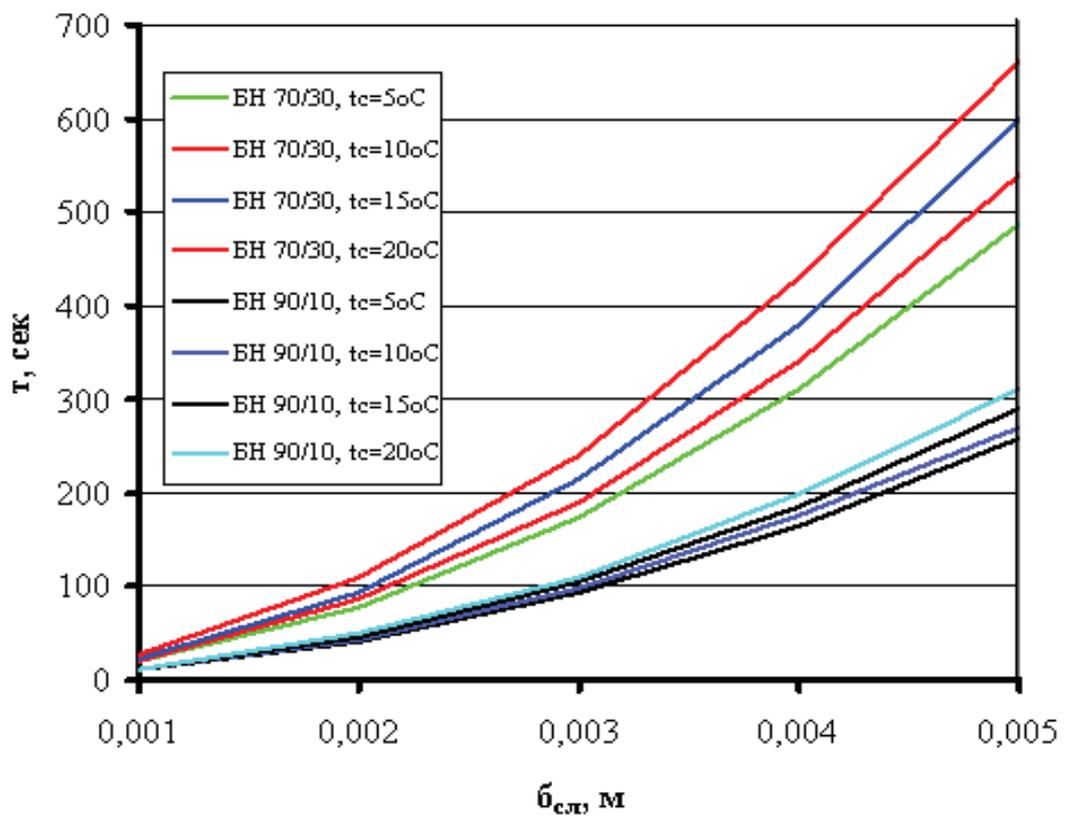


Рисунок 2.9 – Скорость формирования слоя твердого битума
при $t_0 = 140^\circ\text{C}$

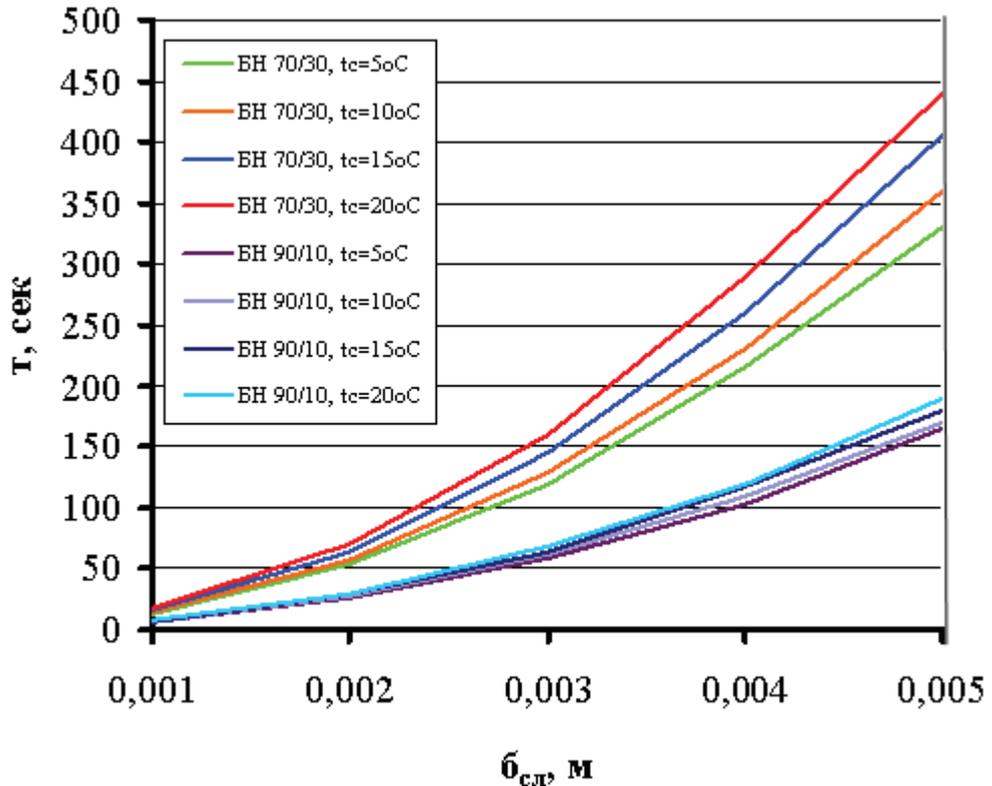


Рисунок 2.10 – Скорость формирования слоя твердого битума при $t_0 = 120^\circ\text{C}$

На основании анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- скорость формирования защитного твердого слоя битума, на внутренней поверхности тары зависит от его свойств, в частности, от температуры застывания (КиШ): чем выше температура застывания битума, тем быстрее формируется защитный слой;

- формирование защитного твердого слоя битума происходит быстрее при более низких значениях температуры хладагента и начальной температуры битума;

- для начальной стадии охлаждения имеем линейную зависимость изменения $\delta_{сл}$ от τ , что позволяет считать режим охлаждения регулярным.

Как известно, регулярный режим характеризуется постоянством темпа охлаждения для всех точек твердого тела.

Темп охлаждения определяется величиной m [77]:

$$m = \frac{\ln \vartheta_1 - \ln \vartheta_2}{\tau_1 - \tau_2} \quad (2.11)$$

где

m – темп охлаждения, $1/\text{с}$;

ϑ – разность температур в данной точке тела и охлаждающей среды (избыточная температура) в момент времени τ , °С;

ϑ – то же в момент времени τ , °С.

В условиях интенсивного внешнего теплоотвода, в частности при охлаждении водой (при $Bi > 100$), темп охлаждения зависит от теплофизических свойств тела, его конфигурации и размеров [76, 77]:

$$m = \frac{\lambda}{K} \quad (2.12)$$

где

K – коэффициент пропорциональности, зависящий от геометрической формы и размеров тела, м.

Для бесконечной пластины толщиной $2R$

$$K = \left(\frac{2R}{\pi} \right)^{-1} \quad (2.13)$$

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 безопасную эксплуатацию оборудования;
- определить производительность оборудования по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку;
- определить необходимое количество хладагента;
- на стадии проектирования определить оптимальные технологические и конструкционные параметры оборудования;
- на стадии эксплуатации автоматизировать процесс упаковывания битума в полиэтиленовую пленку.

2.3 Экспериментальные исследования процесса охлаждения битума, упакованного в полиэтиленовую пленку

Экспериментальные исследования процесса охлаждения битума при упаковывании в полиэтиленовую пленку проведены с целью проверки адекватности полученных уравнений.

Для проведения исследований использованы окисленные битумы, полученные на ОАО «Нафтан», некоторые свойства которых представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Свойства исследованных образцов битума

Показатель	Марка битума	
	БН 70/30	БН 90/10
Глубина проникновения при 25 °С, мм	23	13
Температура размягчения по КиШ, °С	71	95
Растяжимость при 25 °С, мм	4	4

Мнения разных авторов о теплофизических свойствах битумов противоречивы. Так, по Фарамазову [80], теплопроводность битума при затвердевании резко снижается, а, согласно Р.Б.Гуну [65], теплоемкость и теплопроводность не зависят от марки битума и мало меняются с температурой. Информация, имеющаяся в разных источниках о теплофизических свойствах битума, приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Значения теплофизических свойств битума марок БН 70/30 и БН 90/10 [65,80]

Свойство	Температура битумов БН 70/30 и БН 90/10, °С								
	0	20	40	100	160	170	180	190	200
Плотность, ρ , кг/м ³	-	1010-1070	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	943	939	933	929	923
Теплопроводность, λ , Вт/м×град	0,151-0,168	0,145-0,157	0,140-0,150	-	-	-	-	-	-
				-	0,120	0,120	0,119	0,119	0,119
Теплоемкость, С, кДж/кг×град	1,67	-	-	1,88	-	-	-	-	-
					2,090-2,110	2,140	2,178	2,219	2,256
Температуропроводность, $a \times 10^8$, м ² /с	8.5	-	7.55	-	6,0	5,94	5,83	5,75	5,69

Обработка имеющихся экспериментальных данных по теплофизическим свойствам битума позволила рассчитать параметры модели, описывающей за-

зависимости теплоемкости (C), теплопроводности (λ), температуропроводности (a) и плотности (ρ) битумов от их температуры и получить следующие уравнения:

$$C(t) = 1670 + 2,8 \times t, \quad \text{Дж}/(\text{кг} \times ^\circ\text{C}) \quad (2.14)$$

$$\lambda(t) = 0,208 \times t^{-0,1064}, \quad \text{Вт}/(\text{м} \times ^\circ\text{C}) \quad (2.15)$$

$$a(t) = 850 - 1,47 \times t, \quad \text{м}^2/\text{с} \quad (2.16)$$

$$\rho(t) = 1042 - 0,6 \times t, \quad \text{кг}/\text{м}^3 \quad (2.17)$$

Значения теплофизических характеристик битумов марок БН 70/30 и БН 90/10, рассчитанные по уравнениям 2.14–2.17 представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Расчетные значения теплофизических свойств битума марок БН 70/30 и БН 90/10

Свойство	Температура битума, °С										
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Плотность, ρ , кг/м ³	1042	1030	1018	1006	994	982	970	958	946	934	922
Теплопроводность, λ , Вт/м.град	0,154	0,146	0,14	0,135	0,130	0,127	0,125	0,123	0,121	0,12	0,118
Теплоемкость, C Кдж/кг град	1,67	1,7	1,75	1,8	1,84	1,88	1,92	1,96	2,1	2,178	2,256
Температуропроводность, $a \cdot 10^8$, м ² /с	8,5	8,206	7,912	7,618	7,324	7,03	6,736	6,442	6,148	5,854	5,56

На рисунка 2.11–2.13 представлены графики сравнения, зависимости C , λ и a от температуры построенные по литературным данным и полученным уравнениям.

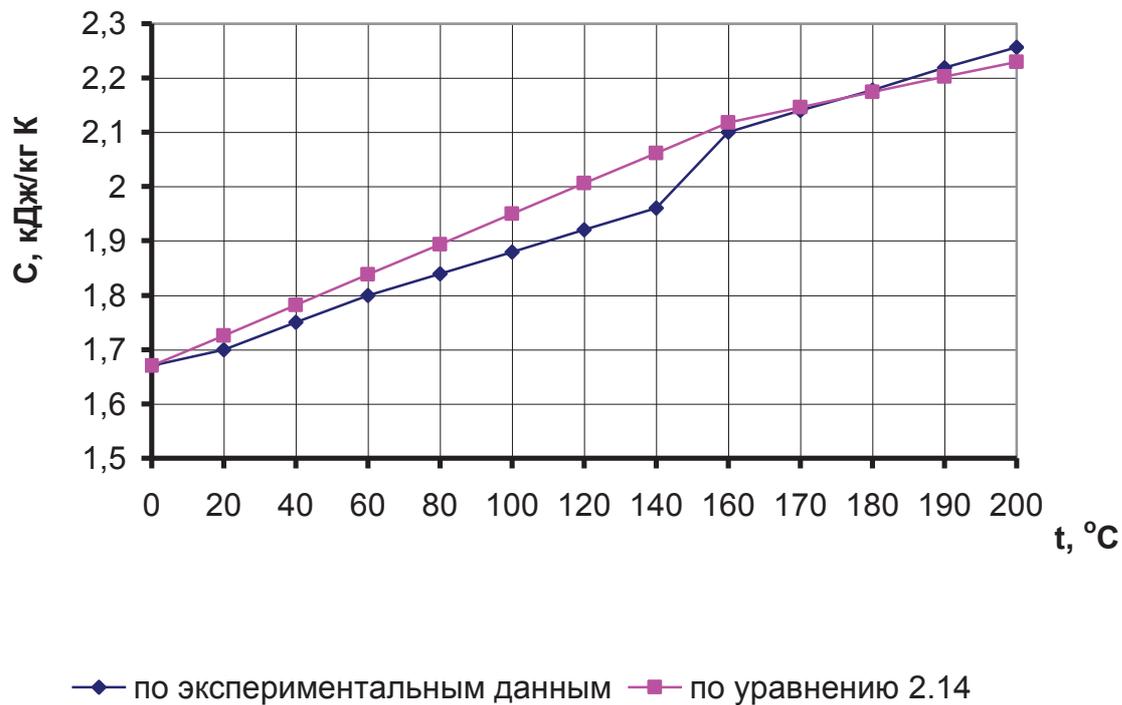


Рисунок 2.11 – Зависимость теплоемкости битума от температуры

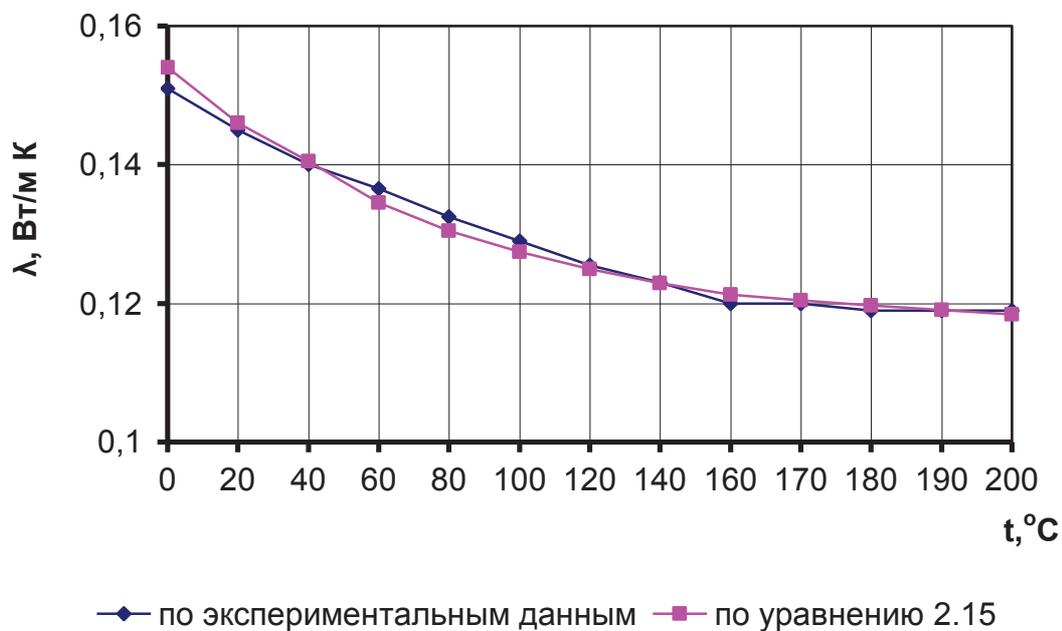


Рисунок 2.12 – Зависимость теплопроводности битума от температуры

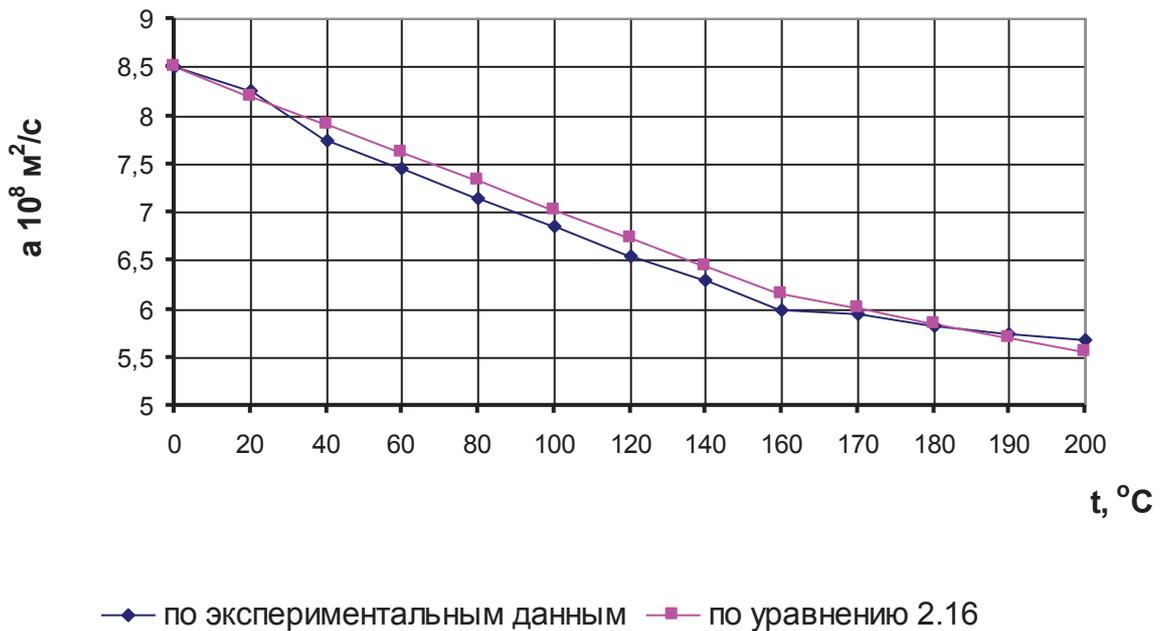


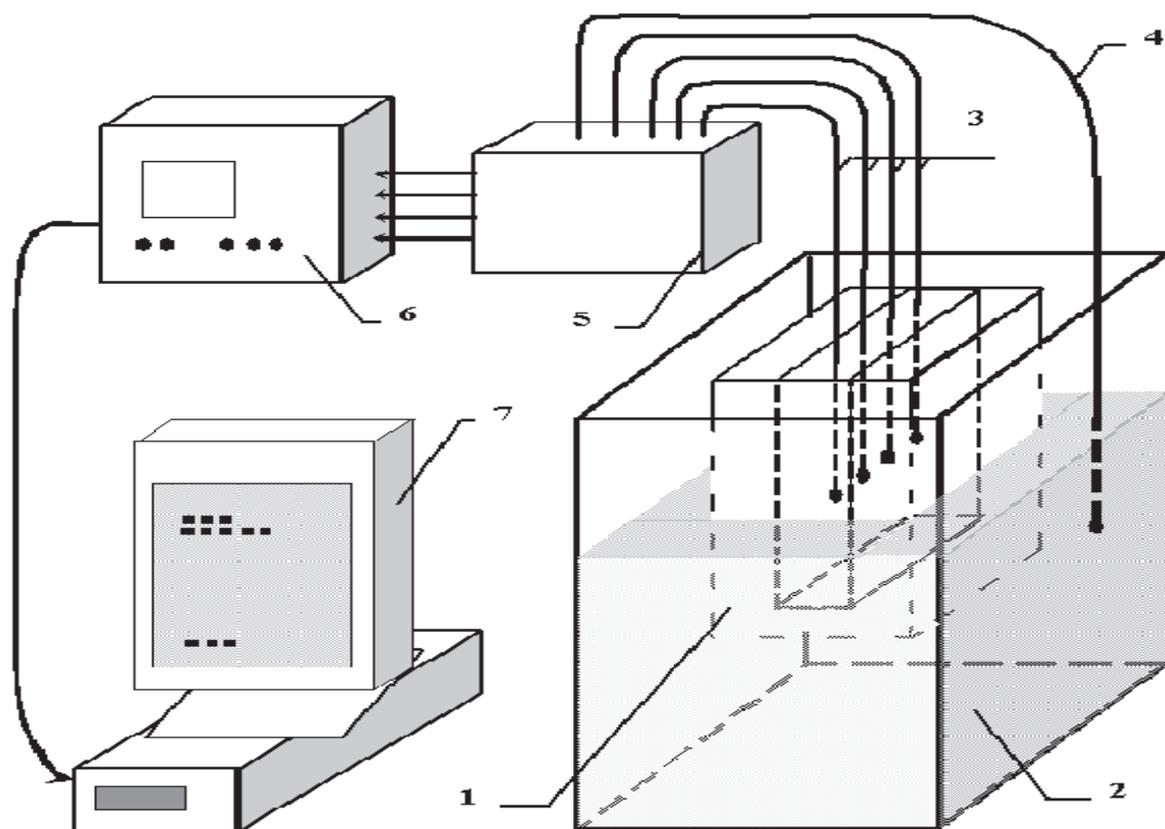
Рисунок 2.13 – Зависимость температуропроводности битума от температуры

Анализ результатов, представленных на графиках, показывает, что погрешность значений теплофизических свойств битумов, полученных по уравнениям (2.14 – 2.17), не превышает 1,5% от имеющихся литературных данных. Следовательно, полученные уравнения могут быть использованы для расчета теплофизических свойств битумов марок БН 70/30 и БН 90/10 в диапазоне температур 20 ... 200 °C.

При проведении экспериментов по изучению температурных полей необходимо установить зависимость изменения температуры битума на различных расстояниях от поверхности охлаждения, от времени охлаждения и температуры охлаждающей среды [12–А] т.е. $t = f(x, \tau, t_c)$. При этом x изменяется в диапазоне от 0 до 100 мм, τ – от 0 до 480 с, t_c – от +5 до +20 °C.

Для определения скорости изменения толщины слоя застывающего битума необходимо установить зависимость $\delta_{\text{сл}} = f(t_3, t_0, t_c, a, \tau)$. При этом t_3 для используемых битумов имеет значения 70 и 90 °C, t_0 – 206, 234, 260 и 277 °C, a – изменяется в диапазоне от $5,5 \times 10^{-8}$ до $6 \times 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$, τ – от 0 до 480 с.

Изучение температурных полей в слое охлаждаемого битума, скорости и толщины формирования защитного слоя вблизи тары выполнено на лабораторной и пилотной установках. Схема лабораторной установки представлена на рисунке 2.14.



1—емкость; 2 – термостат; 3,4 – термопары; 5 – соединительный блок; 6 – аналогово-цифровой преобразователь; 7 – ЭВМ

Рисунок 2.14 – Схема лабораторной установки

Установка состоит из прямоугольной металлической емкости 1, помещенной в термостат 2. Две боковые стенки и днище емкости 1 термоизолированы. Внутренние размеры емкости – $40 \times 100 \times 260$ мм. Толщина стенки – 0,5 мм, материал – оцинкованная жель. В центре емкости 1 по ее оси на определенном расстоянии друг от друга закреплены термопары 3 для измерения температуры битума. Термопара 4, установленная в термостате 2, служит для измерения температуры охлаждающей воды. Для измерения температуры использованы термопары типа хромель-копель диаметром 1 мм.

Все термопары через соединительный блок 5 и аналого-цифровой преобразователь 6 связаны с ЭВМ 7.

Исследование температурных полей на установке, представленной на рисунке 2.14, проведено следующим образом.

Перед началом проведения опытов выполнено тестирование установки на горячей воде, основной целью которого явилась проверка точности показания термопар. Для этого термопары и ртутный термометр размещали в емкость с горячей водой и при различных температурах воды снимали их показания. Значения показаний термопар фиксировали на ЭВМ, а показания ртутного термо-

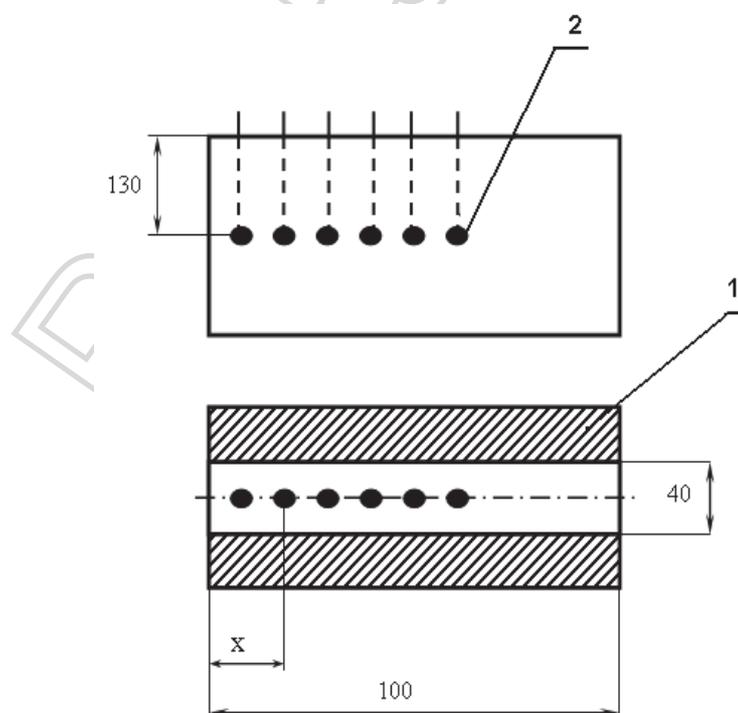
метра – визуально. Полученные результаты по каждой термопаре сравнивали с показаниями ртутного термометра и калибровочными таблицами для хромель-копелевых термопар. В результате установлено, что среднее отклонение показаний термопар от калибровочных значений составляет 0,5%.

После этого в термостате 2 размещали емкость 1 с термопарами 3. Для поддержания постоянной температуры среды в термостате осуществляли непрерывную циркуляцию водопроводной воды, температуру которой измеряли термопарой 4. Температуру горячего битума перед заливкой в емкость 1 измеряли ртутным термометром. Разогретый до определенной температуры битум заливали в емкость 1, и при постоянной температуре охлаждающей воды фиксировали температуру в слое битума в течение определенного времени.

Координаты термопар, установленные на лабораторной установке, представлены в таблице 2.5, а схема их размещения – на рисунке 2.15.

Таблица 2.5 – Координаты термопар

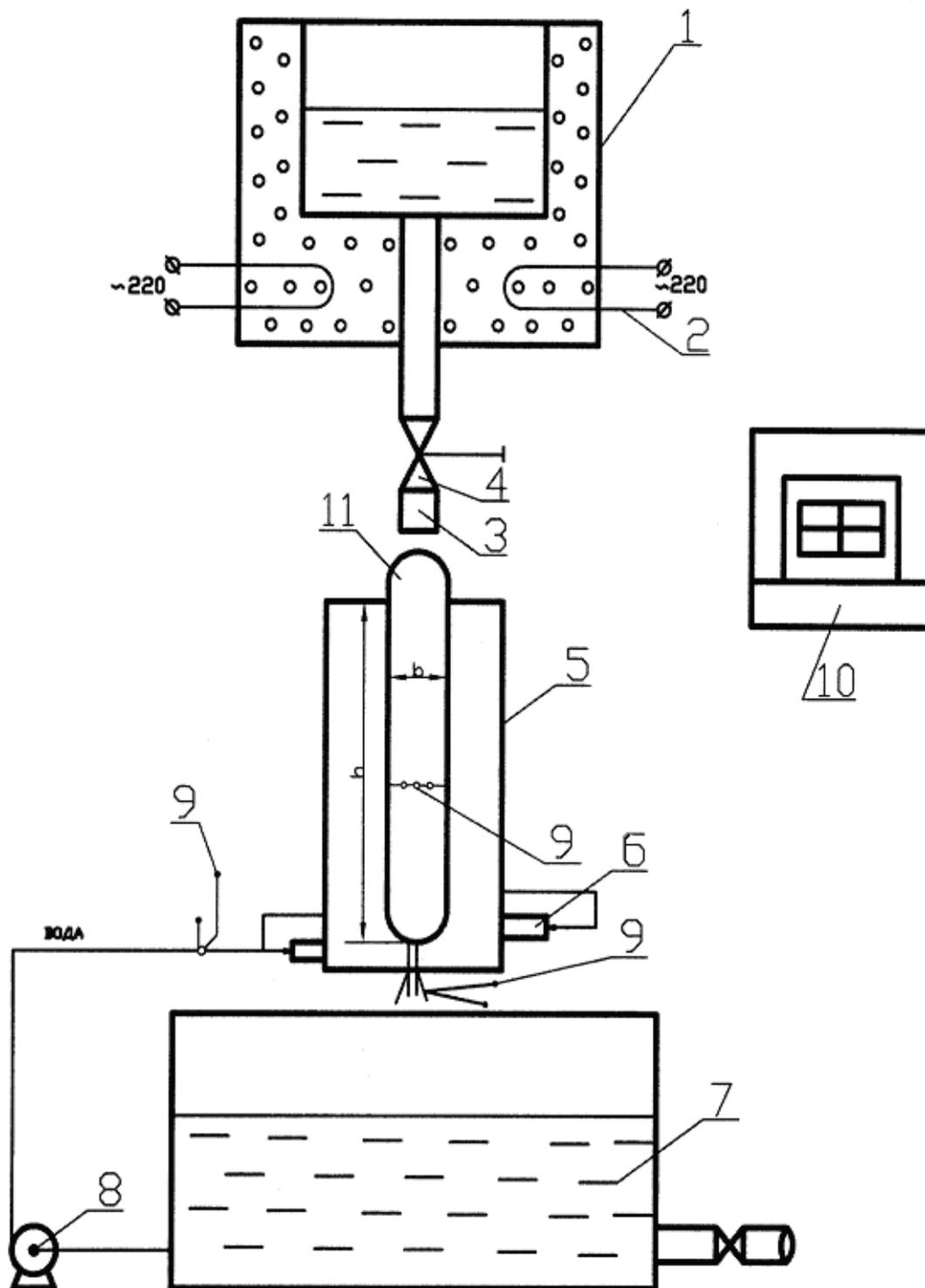
№ термопары	1	2	3	4	5	6
Расстояние от стенки емкости x, мм	3	8	18	28	38	50
	4	14	24	34	44	54



1-емкость; 2-термопары

Рисунок 2.15 – Схема размещения термопар в битуме

Для проверки влияния геометрических параметров установки на процесс охлаждения битума при наливе его в тару разработана и смонтирована пилотная установка, в которой форма выполнена аналогично форме опытно-промышленной установки. Схема установки представлена на рисунке 2.16.



1 – ёмкость; 2 – теплоэлектронагреватели; 3 – заливочный патрубок; 4 – вентиль;
 5 – форма; 6 – патрубки; 7 – ванна; 8 – насос; 9 – термопары; 10 – потенциометр;
 11 – полиэтиленовый пакет

Рисунок 2.16 – Схема пилотной установки

Установка состоит из емкости 1 с теплоэлектронагревателями 2, заливочного патрубка 3 с вентилем 4. Соосно с заливочным патрубком размещена форма 5. Форма имеет вертикальный разъем, каждая половина формы выполнена с двойными стенками, внутренние стенки полуформы перфорированы, отверстия расположены в шахматном порядке. В полость между ними через нижние патрубки 6 подается вода. Между полуформами при полном их смыкании в нижней части образуется зазор, ширина которого достаточна для свободного вытекания всей воды, подаваемой для орошения полиэтиленового пакета. Таким образом, вода стекает по поверхности пакета в виде тонкой пленки. Толщина пленки воды меньше ширины зазора между пакетом и стенкой формы, так что уровень воды в этом зазоре отсутствует, и гидростатическое давление не создается. Благодаря этому пакет не сдавливается водой, чему способствует также и надувание его воздухом перед заливкой битума. Геометрические характеристики заливочной формы приведены в таблице 2.6.

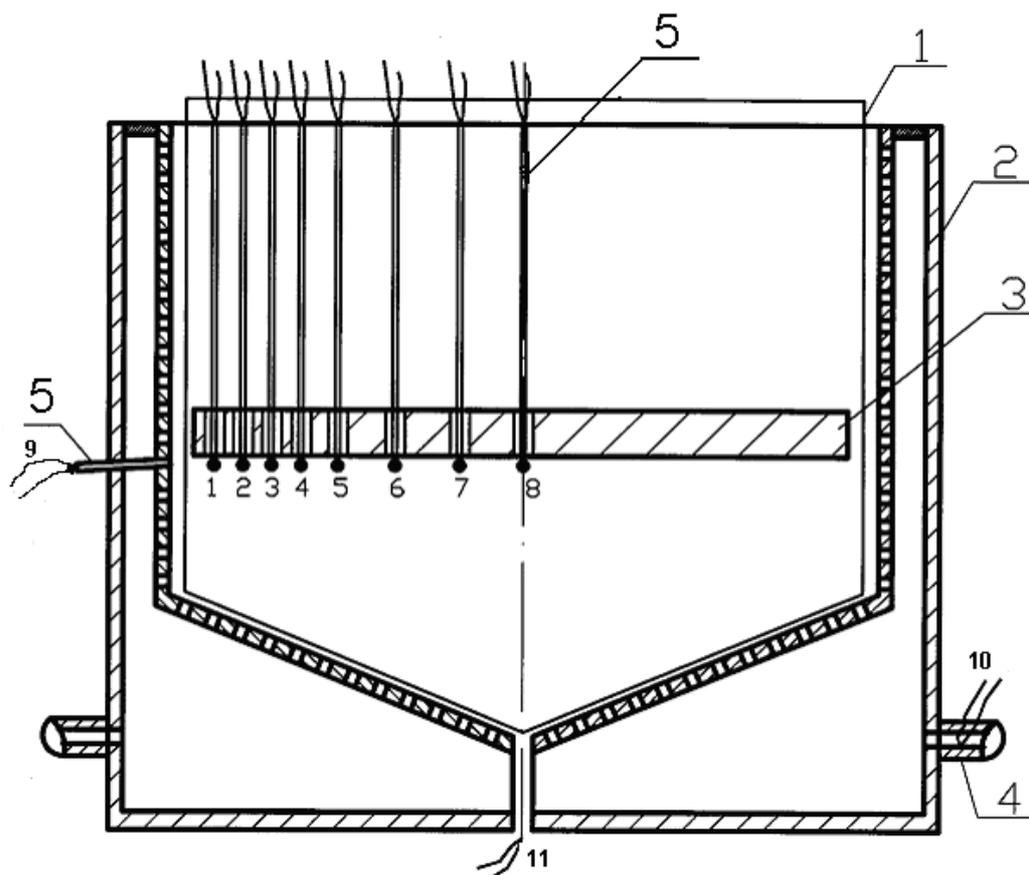
Таблица 2.6 – Параметры заливочной формы

Параметр	Величина параметра
Высота	$h = 430$ мм
Ширина	$\delta = 100$ мм
Длина	$l = 280$ мм
Число отверстий в полуформе	$n = 162$
Диаметр отверстий	$d = 1,2$ мм
Шаг между отверстиями	$a = 20$ мм
Масса формы	$m = 3,2$ кг
Наружная поверхность формы	$F = 0,48$ м ²
Внутренний диаметр патрубков для подачи воды в полости формы	$D = 16$ мм
Объем битума, заливаемого в тару, размещенную в форме	$V = 10...11$ л

Под формой установлена ванна 7 с водой. Для подачи воды в форму использовали насос 8. Расход воды измеряли при помощи турбинного счетчика.

Для измерения и регистрации температуры битума и воды использовали термопары 9 типа хромель-копель в комплекте с потенциометрами 10 типа КСП–2 и КСП–4. Внутри формы закрепляли полиэтиленовый пакет 11. В середине полиэтиленового пакета перпендикулярно стенкам формы устанавливали гребенку с 8-ю термопарами для снятия поля температур в слое битума.

Схема размещения термопар в слое битума на пилотной установке изображена на рисунке 2.17, а в таблице 2.7. приведены расстояния от стенки формы до термопар.



1 – полиэтиленовый пакет; 2 – форма; 3 – держатель термопар;
4 – патрубок подачи воды; 5 – термопары (№№ 1–11)

Рисунок 2.17 – Схема размещения термопар

Таблица 2.7 – Расстояние от стенки формы до термопар

№ термопары	1	2	3	4	5	6	7	8
Расстояние от стенки пакета до термопар, мм	2	5	9	14	23	32	41	50

С помощью одноточечных потенциометров фиксировались показания термопар №№ 1–3. На 12-ти – точечном – №№ 4–8. Кроме того, на 12-ти-точечном потенциометре фиксировали температуру воздуха; температуру битума на выходе из емкости (в заливочном патрубке); температуру битума в емкости; температуру на внутренней стенке формы; температуру воды на входе в форму; температуру воды на выходе из формы.

Опыты проводили следующим образом. Твердый битум загружали в емкость 1, включали электронагреватели 2, расплавляли битум и нагревали его до заданной температуры. Время разогрева битума составляло около 3-х часов.

Полиэтиленовый пакет помещали в форму, зажимая его края между стыковочными поверхностями полуформ. Вставляли внутрь пакета гребенку с термopарами. Наполняли ванну 7 водой из водопровода, включали насос 8 и устанавливали такой расход воды, чтобы она поднималась до самых верхних отверстий формы а, вытекая, орошала стенки полиэтиленового пакета. Затем наливали в пакет битум и измеряли его температуру в заливочной патрубке и по толщине слоя. В это же время измеряли и температуру воды на входе и выходе из формы.

На следующий день после полного затвердевания битума проверяли размеры брикета и его массу.

Толщину полиэтиленовой пленки измеряли микрометром, она составляла 0,15...0,2 мм.

Толщину защитного слоя битума, предохраняющего тару от температурного разрушения, определили на основании опытов на ее проплавление. Для этого использовали полиэтилен толщиной 0,12...0,2 мм, 2, 3 и 5 мм, низкой плотности, с наполнителем и без наполнителя, температурой теплостойкости 127 и 77 °С, соответственно.

Опыты проводили следующим образом. На внутреннюю поверхность полиэтиленовой тары или пленки, размещенной в форме, наносили слой битума толщиной 1, 2, 3, 4 мм. При этом наружную сторону тары орошали водой. После того, как слой битума затвердевал, воду отключали, а толщину слоя измеряли штангенциркулем. После измерений снова включали воду, а вовнутрь тары заливали битум с температурой 180...200 °С. После заполнения тары битумом ее охлаждение прекращали.

Упаковку с битумом извлекали из формы. Если через некоторое время тара не расплавлялась и не деформировалась, то защитный слой битума оказался достаточной толщины.

В результате проведенных опытов установлено, что защитный слой затвердевшего битума толщиной 2...3 мм, образующийся в течение двух-трех минут, достаточен для предохранения полиэтиленовой тары или пленки от разрушения.

Контрольные заливки битума в тех же условиях, но без нанесения предохранительного слоя, приводили к расплавлению полиэтиленовой тары.

2.4 Результаты исследований процесса охлаждения битума, упакованного в полиэтиленовую пленку

Экспериментальные значения температур в битуме на различных расстояниях от охлаждающей стенки, полученные на лабораторной и пилотной установках, представлены в таблицах 2.8 и 2.9.

Таблица 2.8 – Экспериментальные значения температур в слое битума, полученные на лабораторной установке

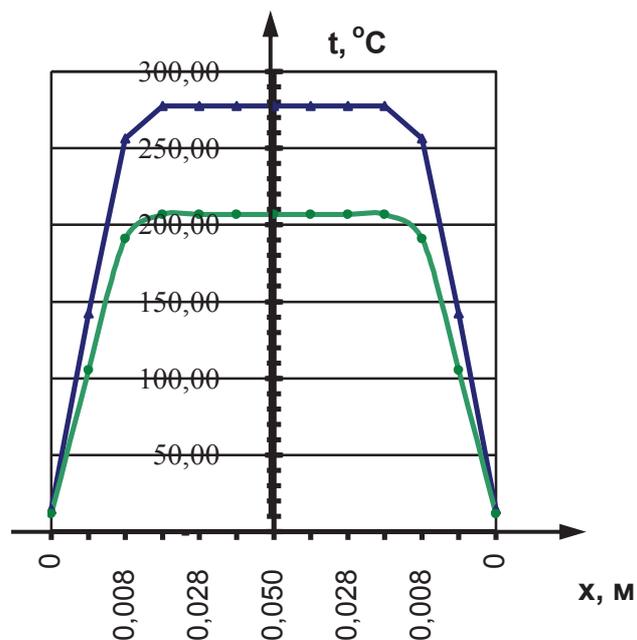
τ, c	Температура битума $t, ^\circ C$ при δ, m							Марка битума
	t_c	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	
		0,003	0,008	0,018	0,028	0,038	0,05	
0	14,5	277	277	277	277	277	277	БН 90/10
60		187	277	277	277	277	277	
120		159	269	277	277	277	277	
180		142	256	277	277	277	277	
240		128	243	277	277	277	277	
300		116	230	277	277	277	277	
360		103	219	276	277	277	277	
420		100	209	275	277	277	277	
	11,5	0,003	0,008	0,018	0,028	0,038	0,05	БН 90/10
0		206	206	206	206	206	206	
60		155	206	206	206	206	206	
120		122	201	206	206	206	206	
180		105	191	206	206	206	206	
240		93	181	206	206	206	206	
300		86	172	206	206	206	206	
360		80	163	205	206	206	206	
420		75	156	204	206	206	206	
480		71	150	203	206	206	206	
	17,8	0,004	0,014	0,024	0,034	0,044	0,054	БН 70/30
0		206	206	206	206	206	206	
60		148	206	206	206	206	206	
120		141	206	206	206	206	206	
180		133	206	206	206	206	206	
240		123	205	206	206	206	206	
300		113	203	206	206	206	206	
360		107	201	206	206	206	206	
420		101	198	206	206	206	206	

Таблица 2.9 – Экспериментальные значения температур в слое битума, полученные на пилотной установке

τ, c	Температура битума $t, ^\circ C$, при δ, m									Марка битума
	t_c	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	
		0,002	0,005	0,009	0,014	0,023	0,032	0,041	0,05	
0	11	260	260	260	260	260	260	260	260	БН 90/10
60		132	246	260	260	260	260	260	260	
120		113	214	256	260	260	260	260	260	
180		101	190	248	260	260	260	260	260	
240		93	173	238	258	260	260	260	260	
300		85	159	228	256	260	260	260	260	
360		79	149	218	253	260	260	260	260	
420		66	140	210	249	260	260	260	260	
480		63	133	202	245	260	260	260	260	
0	11	0,002	0,005	0,009	0,014	0,023	0,032	0,041	0,05	БН 90/10
0		234	234	234	234	234	234	234	234	
60		132	221	234	234	234	234	234	234	
120		100	193	225	234	234	234	234	234	
180		85	171	207	234	234	234	234	234	
240		76	156	199	232	234	234	234	234	
300		69	144	196	230	234	234	234	234	
360		64	134	190	228	234	234	234	234	
420		60	127	189	224	234	234	234	234	
480	57	120	182	221	234	234	234	234		

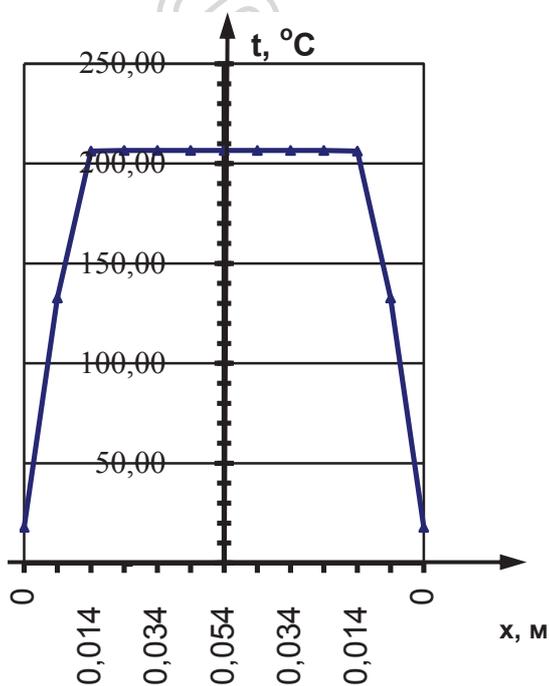
На рисунках 2.18–2.20 представлены графики распределения температур в битуме, упакованного в полиэтиленовую пленку, через 3 минуты после начала охлаждения водой.

На рисунке 2.21 приведены экспериментальные значения изменения температуры битума в зависимости от времени его охлаждения на различных расстояниях от охлаждающей стенки, полученные на лабораторной и пилотной установках, а в таблицах 2.10, 2.11 – результаты расчетных значений температур в слое битума, полученные с использованием уравнений (2.6 – 2.10).



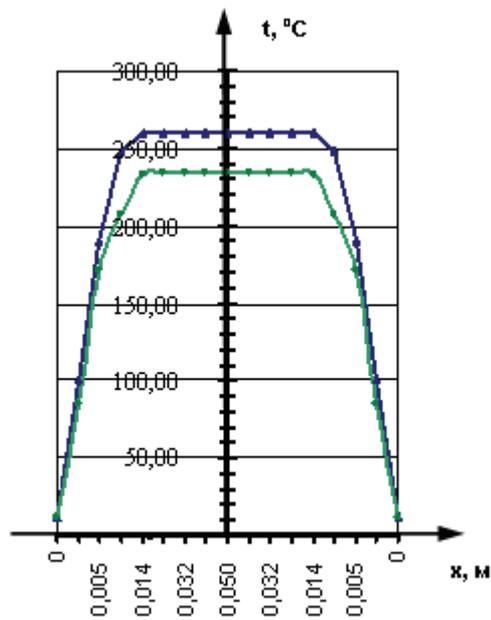
— $t_0=277.70^{\circ}\text{C}$, $t_c=14.50^{\circ}\text{C}$, $\tau=180\text{c}$ — $t_0=206.00^{\circ}\text{C}$, $t_c=11.50^{\circ}\text{C}$, $\tau=180\text{c}$

Рисунок 2.18 – Распределение температур в слое битума марки БН 90/10 полученное на лабораторной установке



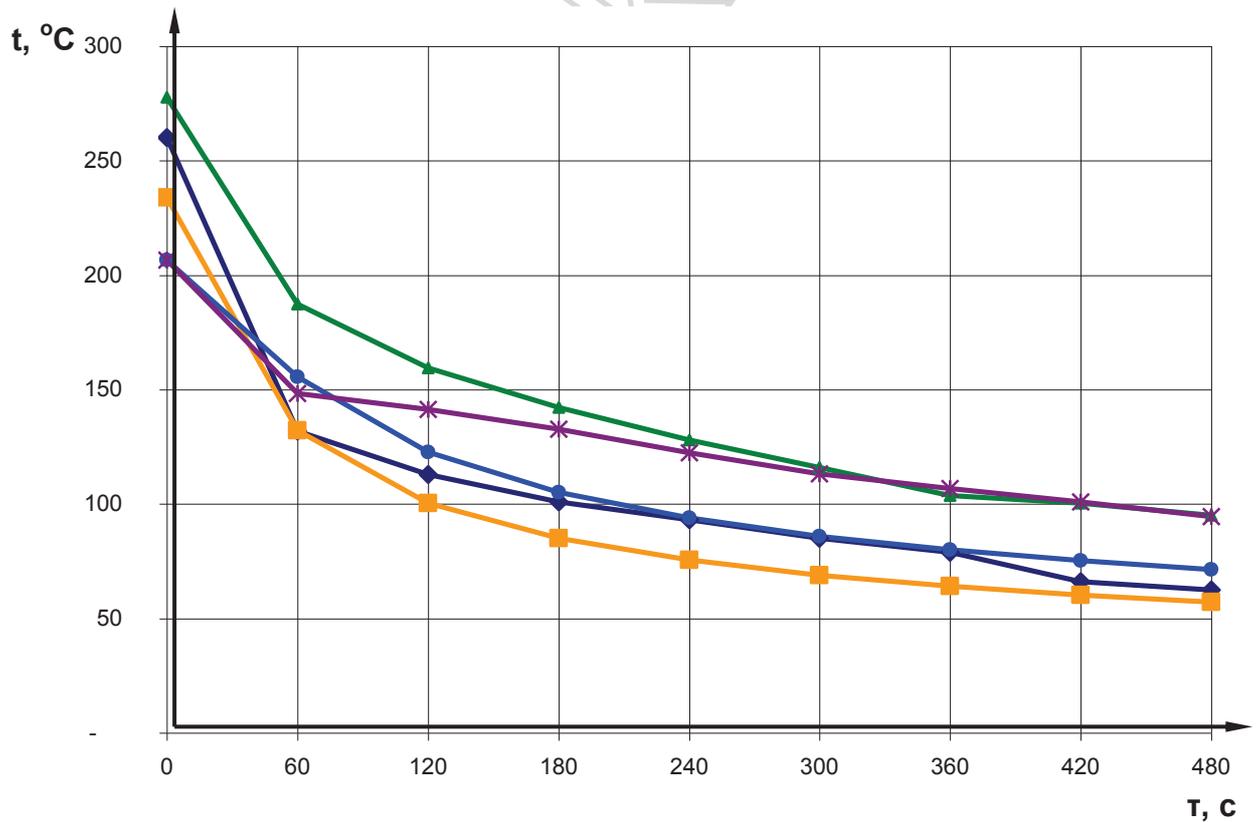
— $t_0=206.60^{\circ}\text{C}$, $t_c=17.80^{\circ}\text{C}$, $\tau=180\text{c}$

Рисунок 2.19 – Распределение температур в слое битума марки БН 70/30 полученное на лабораторной установке



—▲ $t_0=260\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_c=110\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau=180\text{c}$
—■ $t_0=234\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_c=110\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau=180\text{c}$

Рисунок 2.20 – Распределение температур в слое битума марки БН 90/10 полученное на пилотной установке



—◆ БН 90/10 $t_0=260\text{ }^{\circ}\text{C}$. $t_c=110\text{ }^{\circ}\text{C}$. $x=0.002\text{ м}$
—■ БН 90/10 $t_0=234\text{ }^{\circ}\text{C}$. $t_c=110\text{ }^{\circ}\text{C}$. $x=0.002\text{ м}$
—▲ БН 90/10 $t_0=277,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. $t_c=14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. $x=0.003\text{ м}$
—● БН 90/10 $t_0=206,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. $t_c=11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. $x=0.003\text{ м}$
—✱ БН 70/30, $t_0=206,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. $t_c=17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. $x=0.004\text{ м}$

Рисунок 2.21 – Изменение температуры битума в поверхностном слое

Таблица 2.10 – Расчетные значения температур в слое битума

τ, с	Температура битума t, °С при δ, м							Марка битума
	tc	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	
		0,003	0,008	0,018	0,028	0,038	0,05	
0	14,5	277,70	277,70	277,70	277,70	277,70	277,70	БН 90/10
60		215,13	277,63	277,70	277,70	277,70	277,70	
120		163,85	274,43	277,70	277,70	277,70	277,70	
180		137,20	265,07	277,70	277,70	277,70	277,70	
240		120,67	252,56	277,69	277,70	277,70	277,70	
300		109,24	239,60	277,64	277,70	277,70	277,70	
360		100,76	227,39	277,48	277,70	277,70	277,70	
420		94,17	216,29	277,14	277,70	277,70	277,70	
480		88,85	206,36	276,56	277,70	277,70	277,70	
	11,5	0,003	0,008	0,018	0,028	0,038	0,05	БН 90/10
0		206,60	206,60	206,60	206,60	206,60	206,60	
60		153,87	206,39	206,60	206,60	206,60	206,60	
120		117,89	201,81	206,60	206,60	206,60	206,60	
180		99,34	192,44	206,60	206,60	206,60	206,60	
240		87,79	181,87	206,56	206,60	206,60	206,60	
300		79,76	171,81	206,41	206,60	206,60	206,60	
360		73,79	162,73	206,05	206,60	206,60	206,60	
420		69,12	154,71	205,43	206,60	206,60	206,60	
480		65,35	147,62	204,54	206,59	206,60	206,60	
	17,8	0,004	0,014	0,024	0,034	0,044	0,054	БН 70/30
0		206,60	206,60	206,60	206,60	206,60	206,60	
60		182,75	206,60	206,60	206,60	206,60	206,60	
120		149,73	206,59	206,60	206,60	206,60	206,60	
180		129,20	206,42	206,60	206,60	206,60	206,60	
240		115,55	205,73	206,60	206,60	206,60	206,60	
300		105,75	204,34	206,60	206,60	206,60	206,60	
360		98,33	202,27	206,59	206,60	206,60	206,60	
420		92,46	199,68	206,57	206,60	206,60	206,60	
480		87,68	196,73	206,51	206,60	206,60	206,60	

Таблица 2.11 – Расчетные значения температур в слое битума марки БН 90/10

τ, c	Температура битума $t, ^\circ C$ при δ, m									Марка битума
	t_c	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	
		0,002	0,005	0,009	0,014	0,023	0,032	0,041	0,05	
0	11	260	260	260	260	260	260	260	260	БН 90/10
60		132	251	260	260	260	260	260	260	
120		113	220	259	260	260	260	260	260	
180		101	193	253	260	260	260	260	260	
240		93	173	245	259	260	260	260	260	
300		85	158	235	258	260	260	260	260	
360		79	146	225	257	260	260	260	260	
420		60	136	215	254	260	260	260	260	
480		57	128	207	251	260	260	260	260	
	11	0,002	0,005	0,009	0,014	0,023	0,032	0,041	0,05	БН 90/10
0		234	234	234	234	234	234	234	234	
60		128	225	234	234	234	234	234	234	
120		94	196	225	234	234	234	234	234	
180		79	172	207	234	234	234	234	234	
240		69	154	199	233	234	234	234	234	
300		63	140	196	232	234	234	234	234	
360		58	130	190	230	234	234	234	234	
420		55	122	191	227	234	234	234	234	
480		52	115	184	224	234	234	234	234	

Графики сравнения экспериментальных и расчетных значений температур битума в поверхностном слое приведены на рисунках 2.22–2.25.

Как видно из графиков и таблиц, погрешность полученных результатов составляет в среднем 2 – 4% .

Опыты, результаты которых приведены в таблицах 2.8 и 2.9, и расчетные значения температур представленные в таблицах 2.10, 2.11 выполнены при высокой начальной температуре битума (206...277 $^\circ C$). В этих условия вязкость битума относительно невелика, и битум является ньютоновской жидкостью. Допущение об отсутствии конвективного переноса тепла в битуме даже для этих условий позволяет с достаточной точностью выполнять расчеты процесса его охлаждения.

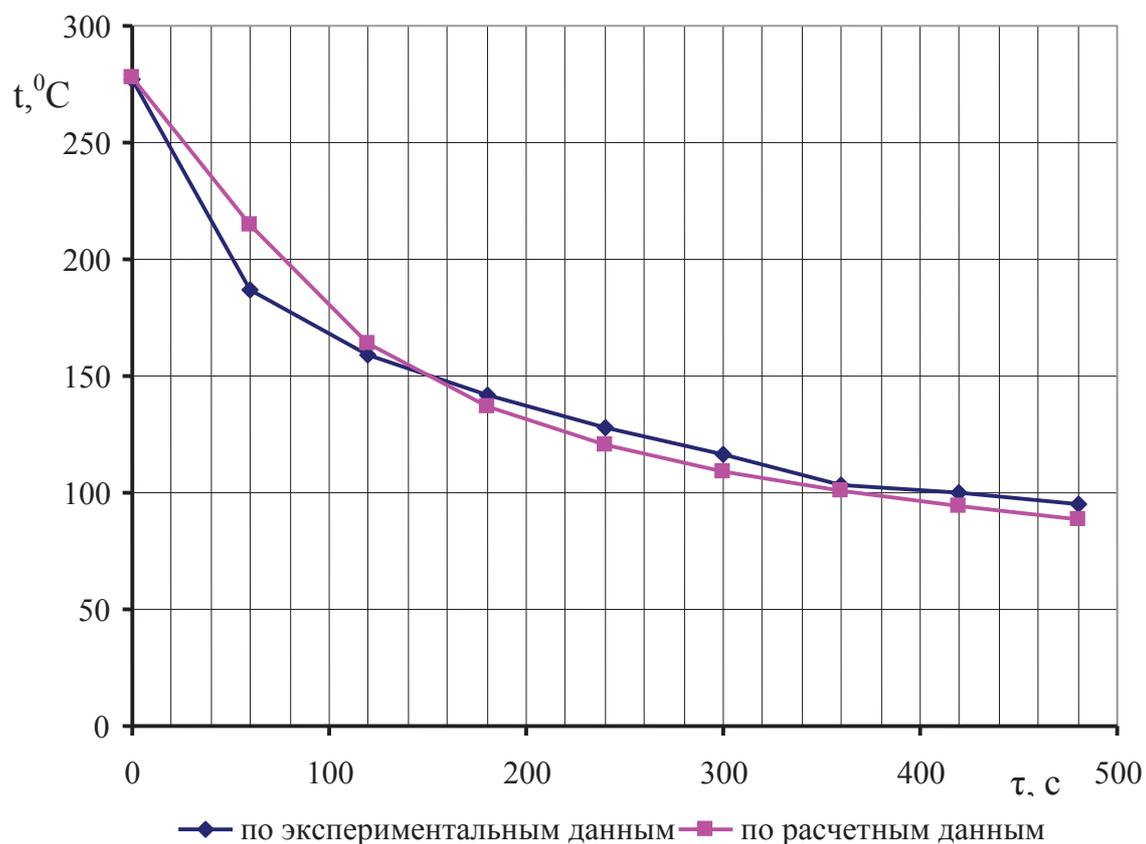


Рисунок 2.22 –Изменение температуры битума БН 90/10 на расстоянии $X=3\text{мм}$, при $t_o = 277^\circ\text{C}$, $t_c = 14,5^\circ\text{C}$

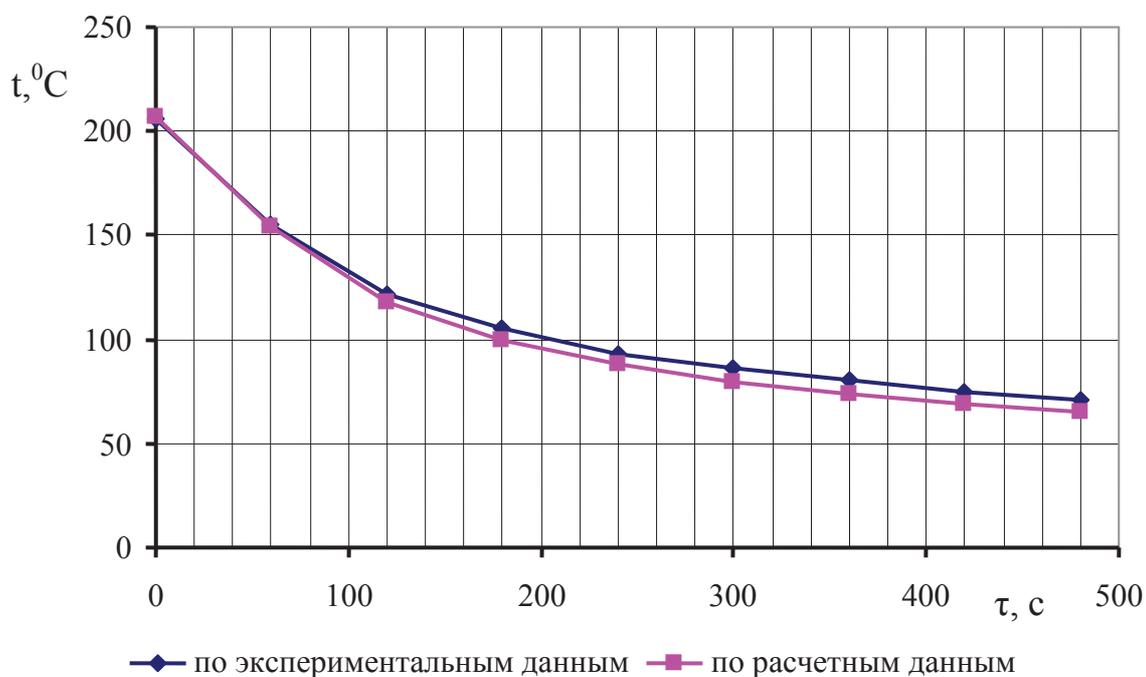


Рисунок 2.23 –Изменение температуры битума БН 90/10 на расстоянии $X=3\text{мм}$, при $t_o = 206^\circ\text{C}$, $t_c = 11,5^\circ\text{C}$

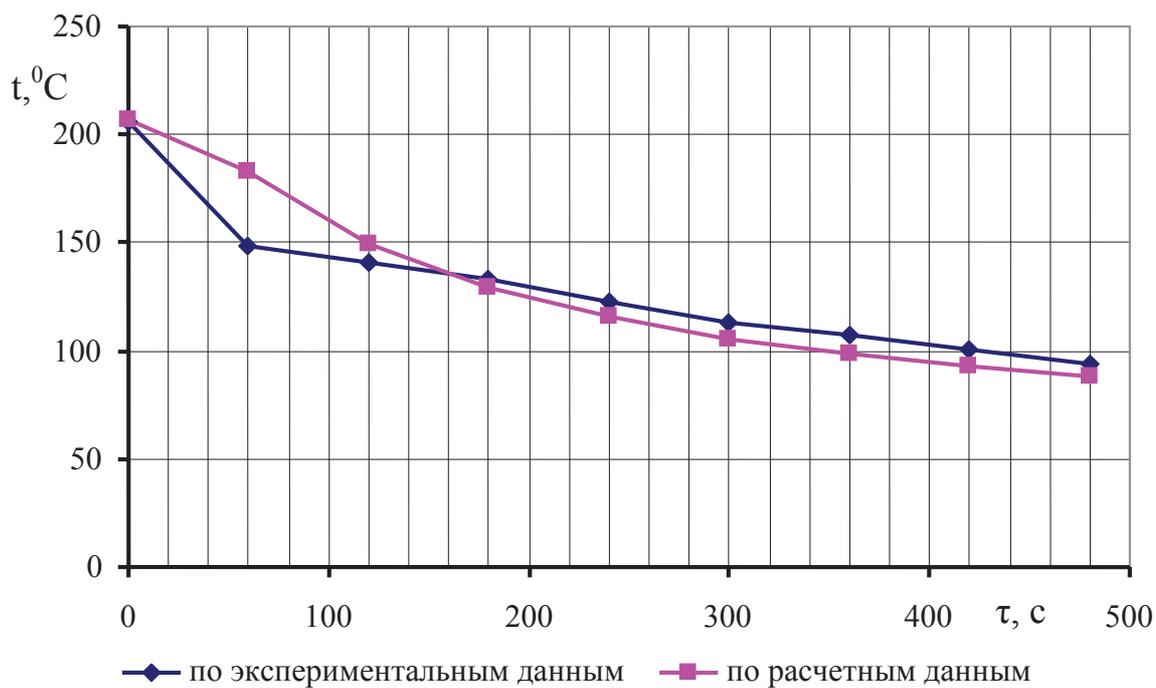


Рисунок 2.24 –Изменение температуры битума БН 70/30 на расстоянии $X=4\text{мм}$, при $t_0 = 206^\circ\text{C}$, $t_c = 17,8^\circ\text{C}$

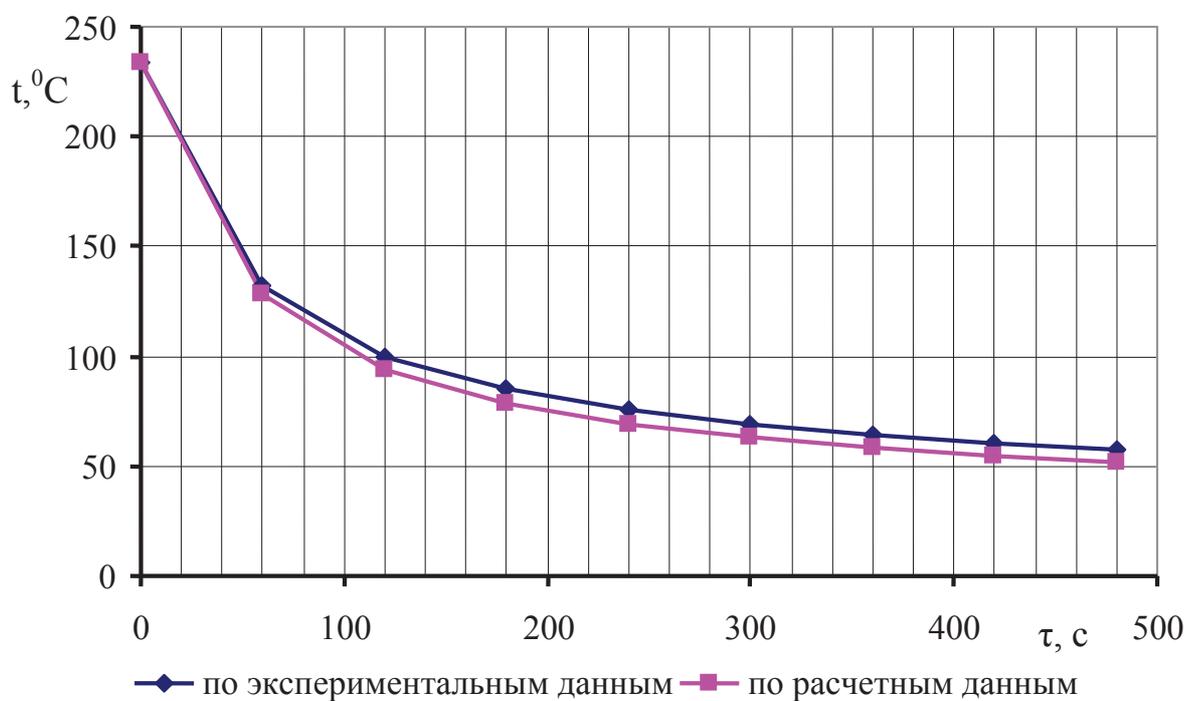


Рисунок 2.25 –Изменение температуры битума БН 90/10 на расстоянии $X=2\text{мм}$, при $t_0 = 234^\circ\text{C}$, $t_c = 11^\circ\text{C}$

2.5 Исследование свойств битумно-полимерных композиций

Прочность и долговечность инженерных сооружений, требующих применения нефтяных битумов (дорожные покрытия, изоляция нефте- и газопроводов, кровельные материалы), в значительной степени зависят от качества [81,82] битумов. Особенно важными являются такие свойства битума, как:

- теплостойкость, обеспечивающая сохранение необходимой прочности сооружений и изделий летом, предохраняющая их от волнообразования, сдвигов, наплывов и т.д.;

- упругие свойства (деформативность), обеспечивающие сохранение достаточной пластичности и эластичности при низкой температуре, предотвращающие разрывы, растрескивание покрытия, выкрашивание, шелушение;

- комплекс вязкостно-упругих свойств, обеспечивающих технологические условия применения при использовании различных материалов;

- длительная стабильность важнейших свойств под воздействием климатических и других факторов;

- прочное и устойчивое сцепление с сухой и влажной поверхностью различных материалов (адгезия), особенно при строительстве дорожных покрытий.

Эти основные свойства битума находят отражение при разработке новых и пересмотре действующих ГОСТов на них.

Для повышения эксплуатационной надежности битумных материалов уже свыше 100 лет используют каучуковые модификаторы.

Абрахэм [83] приводит ссылки на 116 патентов и научно-технологических статей, посвященных этому вопросу и опубликованных до 1943 г.

В связи с ужесточением требований к качеству битумных материалов, вопросы модифицирования битумов становятся все более актуальными. В качестве модифицирующих добавок используют полимеры с линейной и трехмерной структурой: полиизобутилен, полиэтилен высокого и низкого давления, полипропилен, сополимеры этилена и пропилена и др.

Полученные композиции используют для изоляции подземных металлических сооружений, в асфальтовых покрытиях, для производства битумных мастик, герметиков и т.д. Новые материалы отличаются от «чистых» улучшенными реологическими и механическими свойствами, ингибируют старение, увеличивают их пластичность и стабильность при повышенных температурах [84].

В сведениях, имеющих преимущественно патентный характер, содержатся указания на изменение физических и реологических свойств битумов, модифицированных полимерами [85], однако остается неясным существенное раз-

личие степени изменения физических свойств битумов, полученных из сырья различного происхождения, влияние полимерных добавок на свойства остаточных и окисленных битумов из одного и того же сырья. Недостаточно изучены методы смешения битумов с полимерами, а также способ введения полимера (пластины, листы, куски, крошка или гранулы).

Способ введения полимера в битум имеет большое значение в технологии смешения полимеров. Полиолефин можно вводить на любой стадии получения готовой смеси: либо непосредственно в гудронатор [86], либо смешением компонентов в реакторе с мощной мешалкой [87]. Совершенно очевидно, что стандартные методы, не дают возможности изучить все явления, которые возникают в битумных материалах, содержащих полимеры. Специальных методов определения свойств таких материалов разработано недостаточно.

В целом сведения по вопросу модифицирования битумов полимерными материалами носят, в основном, информативный и патентный характер, в которых указаны общий класс полиолефиновых добавок и общие направления изменения свойств новых материалов. Систематических же исследований в этом направлении проведено недостаточно.

Решая актуальную проблему высокопроизводительного разлива, затаривания и транспортировки битумов, представляется целесообразным использовать в качестве тары полимерные материалы с последующим расплавлением битума вместе с тарой, которая выполняла бы роль модифицирующей добавки к материалу. Это открывает возможности регулирования основных структурно-механических и адгезионных свойств битумов, поскольку полимерно-битумная композиция может совмещать в себе качества, присущие полимерам (высокая эластичность, прочность, теплоустойчивость и т.д.) и битумам.

2.5.1 Исследование композиций на основе строительного битума марки БН 90/10

С целью проверки возможности использования полиэтилена в качестве пластифицирующей добавки к битуму, определения зависимостей изменения основных показателей битума от количества введенного полимера и отработки технологии приготовления композиции в центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) проведена серия опытов [16, 13–А]. В первой серии опытов битум расплавляли вместе с емкостью из полиэтилена высокого давления, служившей тарой, при температуре 120 ± 10 °С в металлической емкости *без перемешивания*. Масса тары из полиэтилена составляла 5% от массы битума. Полученную смесь охлаждали, при охлаждении наблюдалось ее расслоение. Наибольшее количество полиэтилена содержал верхний слой, наименьшее – нижний.

Установлено, что с увеличением количества полимера повышается температура размягчения битума, снижаются пенетрация, растворимость в бензоле, растяжимость (таблица 2.12, 2.13). Это свидетельствует о том, что полиэтилен инертен по отношению к битуму, действие полиолефинов на битумные материалы – явление скорее физическое, чем химическое. По-видимому, набухший в битуме полимер создает в массе битума пространственную структуру, определяющую свойства композиции. Для облегчения равномерного диспергирования полимера в битуме необходимо тщательное перемешивание.

Таблица 2.12 – Физико-химические свойства битума марки БН 90/10 модифицированного полиэтиленом высокого давления

Показатель	Исходный битум	Нижний слой расплава	Верхний слой расплава	Середина расплава (данные ЦЗЛ ОАО «Нафтан»)	Требования ГОСТ 6617-76
Температура размягчения, °С	88,7	90,17	93,2	95	Не ниже 90
Пенетрация при 25 °С, мм.	10,01	7,7	5,9	6	5-20
Содержание водорастворимых соединений, % масс.	2,46	4,5	5,2	-	Не более 0,3
Содержание воды, % масс.	0,04	Нет	Нет	-	Не содержится
Изменение массы, % масс.	Нет	Нет	Нет	-	-
Растворимость в бензоле, % масс.	98,62	98,47	95,73	-	Не менее 99
Растяжимость при 25 °С, см.	4	-		3,2	Не менее 1
Температура вспышки, °С	270	-		294	Не ниже 240

Во второй серии опытов осуществляли гомогенизацию смеси в реакторе с мешалкой при температуре 200 ± 5 °С в течение 30 минут. Полиэтилен в виде небольших пластин вводили в битум в количестве 1, 3, 5, 8 % от массы битума.

Битум, выбранный в качестве объекта исследования, анализировали стандартными методами по следующим показателям:

1. Температура размягчения.

На графике рисунок 2.26 показана зависимость температуры размягчения битума от содержания полиэтилена высокого давления. Установлено, что уве-

личение количества полиэтилена приводит к возрастанию температуры размягчения.

2. Пенетрация.

На рисунке 2.26 приведена зависимость пенетрации от количества полимера. Установлено, что с увеличением содержания полимера возрастает, сопротивление погружению стальной иглы при этом наименьшее влияние на изменение пенетрации оказывает введение 1 – 3% полимера.

3. Хрупкость при низких температурах.

Влияние полимеров на морозостойкость битумов показано на рисунке 2.27. Добавление $\leq 1\%$ полиолефина способствует снижению температуры хрупкости, выше 1% – хрупкость увеличивается.

4. Растворимость битумов в бензоле или хлороформе рисунок 2.27 резко снижается с увеличением добавки полимера более 3%.

Анализ зависимостей показал, что требованиям ГОСТ 6614 отвечает материал, содержащий 1% полиэтилена по отношению к массе битума. Более того, эта композиция имеет интервал пластичности выше, чем исходный битум. При большем содержании полимера смесь, как правило, неоднородна и свойства битума ухудшаются. При совмещении битума с полиэтиленом высокого давления, модифицированным сажей в количестве 1, 3, 5,% от массы битума (таблица 2.12), наблюдаются те же закономерности, что и для полимерно-битумной смеси без наполнителя.

Таблица 2.13 – Физико-химические свойства битума марки БН 90/10 модифицированного полиэтиленом высокого давления, наполненного сажей

Показатель	Исходный битум	Битум + 1% ПЭВД	Битум + 3% ПЭВД	Битум + 5% ПЭВД
Температура размягчения, °С.	90,9	96	98	107,5
Пенетрация при 25 °С, мм.	12,84	11,55	10,8	8,2
Температура вспышки, °С.	290	295	291	290
Температура хрупкости, °С.	-4	-2	-1	4,5

Таким образом, из результатов исследований свойств полимерно-битумных композиций следует, что наиболее эффективное действие оказывает добавка полиэтилена $\approx 1\%$ от массы битума при условии тщательного перемешивания смеси.

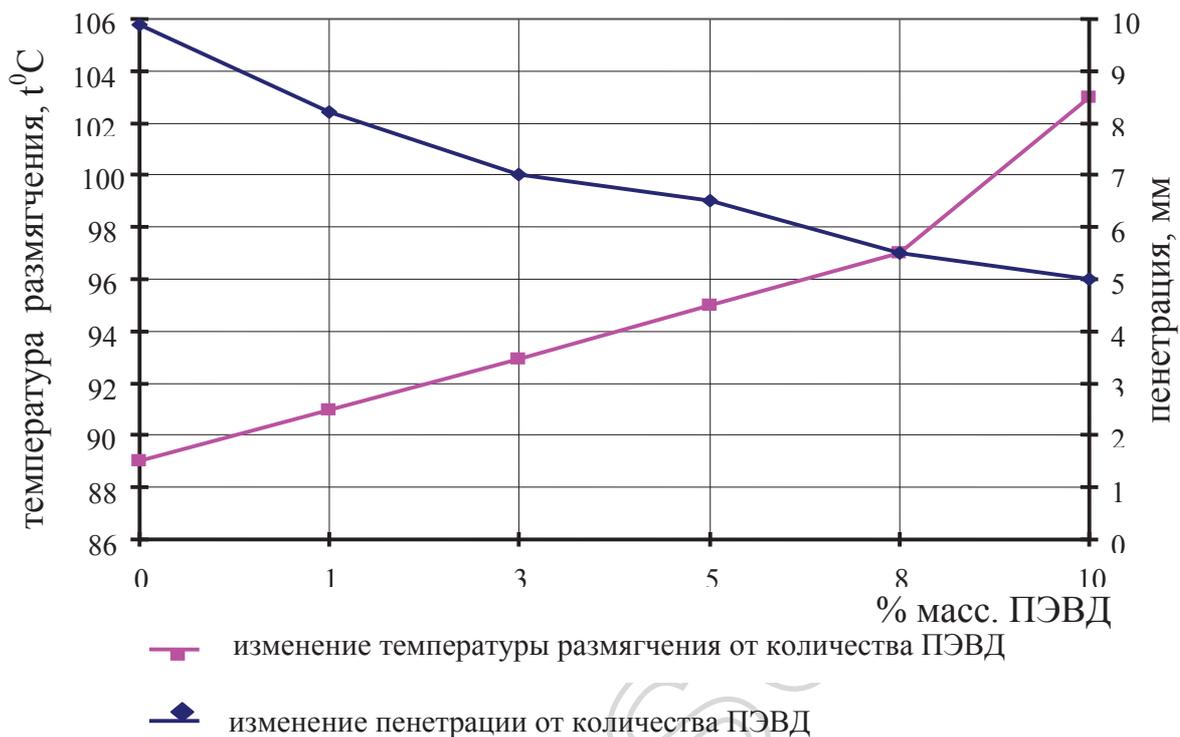


Рисунок 2.26 – Зависимость температуры размягчения и пенетрации битума БН 90/10 от количества ПЭВД

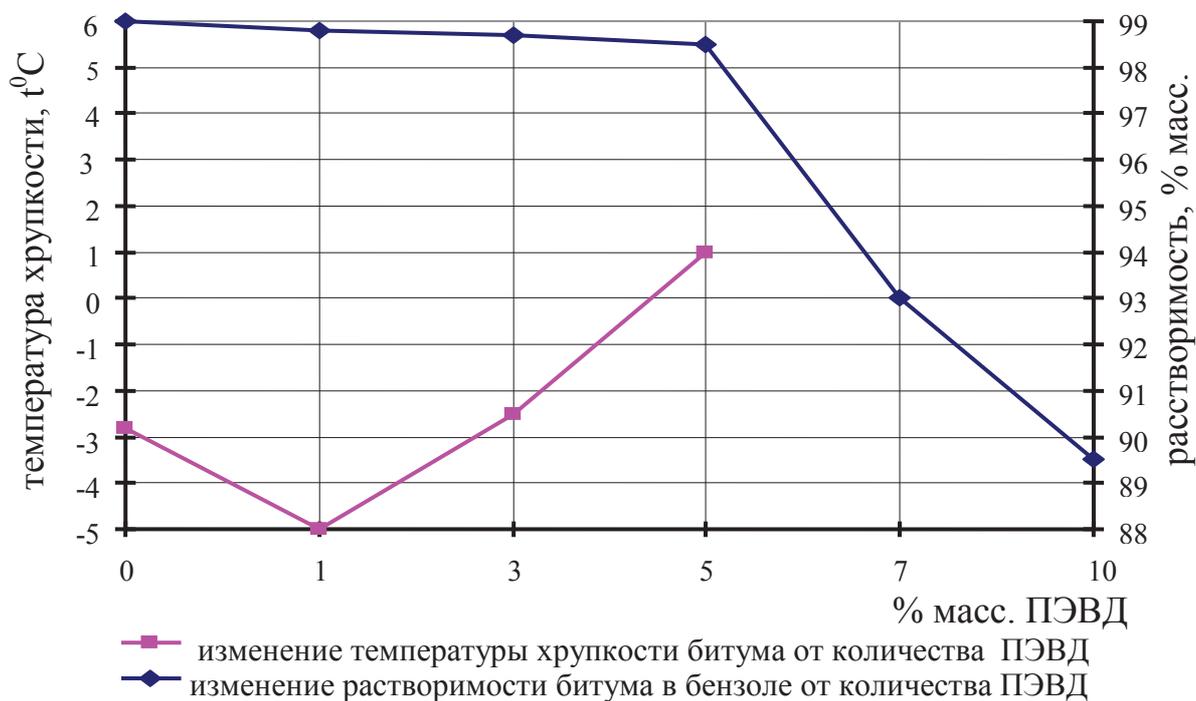


Рисунок 2.27 – Зависимость температуры хрупкости и растворимости в бензоле битума БН 90/10 от количества ПЭВД

2.5.2. Исследование композиций на основе дорожного битума марки БН 90/130

Битум является одним из основных дорожно-строительных материалов, качество которого в значительной степени зависит от условий транспортирования и хранения. Известно, что на воздухе битум окисляется, свойства его ухудшаются, поэтому упаковывание битума в полимерную тару для транспортирования способствуют не только исключению непроизводительных потерь, но и возможному улучшению реологических и адгезионных свойств битума за счет использования тары как добавки. Характеристики исходного и модифицированного битума марки БН 90/130 представлены в таблице 2.13.

Исследования совмещения битума с полиэтиленовой тарой проведены по следующей методике. Полиэтиленовый лист, измельченный в крошку, добавляли в битум и расплавляли в реакторе при температуре 175 ± 5 °С, перемешивая в течение 30 минут. Количество полиэтилена, гомогенизируемого с битумом, составляло 1, 3, 5, 8% от веса битума, соответственно. Полученные полимер-битумные композиции анализировали стандартными методами по следующим показателям: температура размягчения (метод «кольца и шара»), пенетрация, растяжимость, хрупкость при низкой температуре, сцепление с минеральным наполнителем (мрамором).

Таблица 2.14 – Физико-химические свойства битума марки БН 90/130 модифицированного полиэтиленом высокого давления.

Показатель	Марка битума		Битум БН 90/130, модифицированный			
	БН 90/130 ГОСТ 22245-76	БН 90/130 ОАО «Наф- тан»	1% масс.	3% масс.	5% масс.	8% масс.
Пенетрация при 25 °С, мм	91-130	113	105	74	44,5	28
Температура размяг- чения по КиШ, °С	40	42	41,6	49	57,4	90
Растяжимость, см	60	70	53	33,2	11,7	5,8
Температура вспыш- ки, °С	220	220	220	220	220	220
Индекс пенетрации	+1 ÷ -1,5	-1,4	-1,5	-0,3	+02	-
Температура хрупко- сти, °С	-	-21	-19,5	-15,3	-14,3	-1

Из представленных на рисунках 2.28, 2.29, 2.31 зависимостей видно, что с повышением количества полиэтилена температура размягчения повышается,

пенетрация и растяжимость – снижаются, температура хрупкость при низких температурах возрастает (рисунок 2.30). Требованиям ГОСТа на дорожный битум БН 90/130 соответствует полимерно-битумная композиция, содержащая 1% полимера за исключением показателя растяжимости.

Важным показателем качества дорожных битумов является сцепление с минеральным материалом, т.е. способность битума отслаиваться от минеральной поверхности под действием воды. Метод, применяемый для определения этого показателя, достаточно грубый, поскольку позволяет установить только очень хорошую или очень плохую адгезию. Установлено, что добавка 1% полиэтилена обеспечивает высокое устойчивое сцепление, битума с поверхностью мрамора по сравнению с использованием битума без добавки.

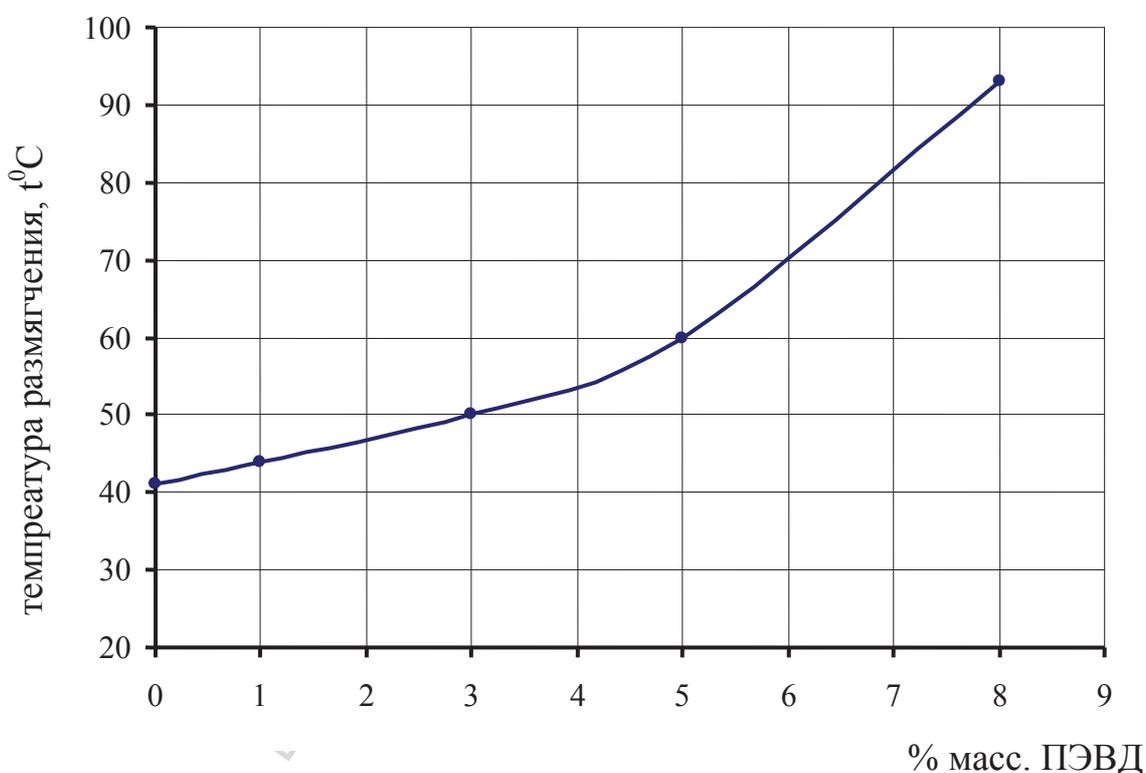


Рисунок 2.28 – Зависимость температуры размягчения битума БН 90/130 от количества ПЭВД

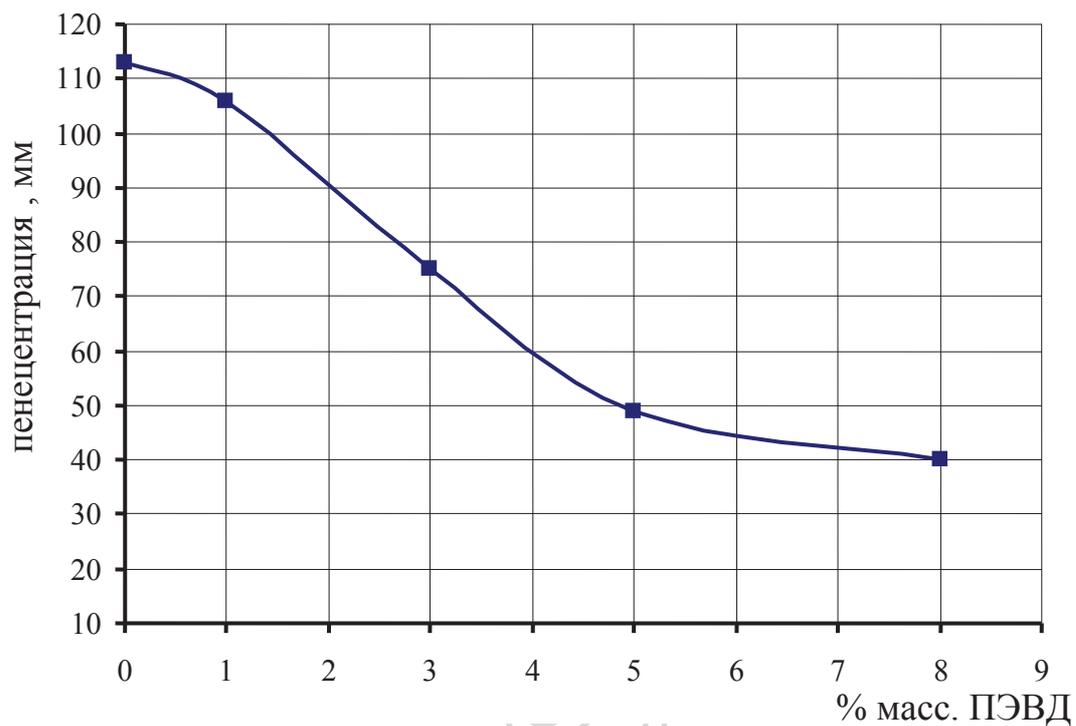


Рисунок 2.29 – Зависимость пенетрации битума БН 90/130 от количества ПЭВД

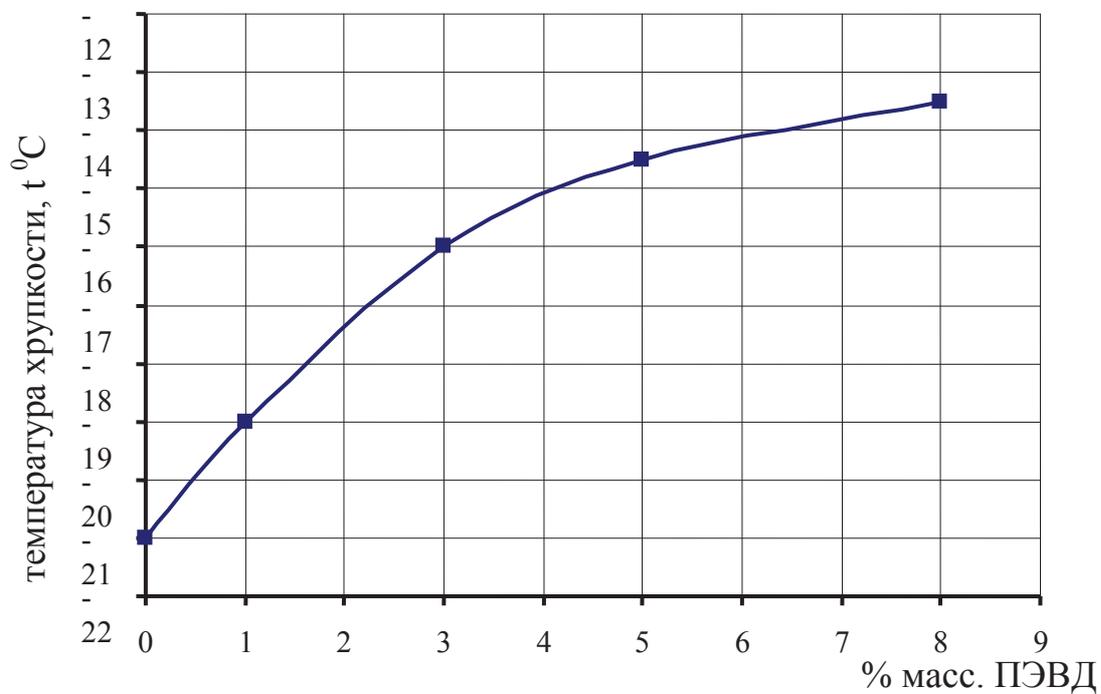


Рисунок 2.30 – Зависимость температуры хрупкости битума БН 90/130 от количества ПЭВД

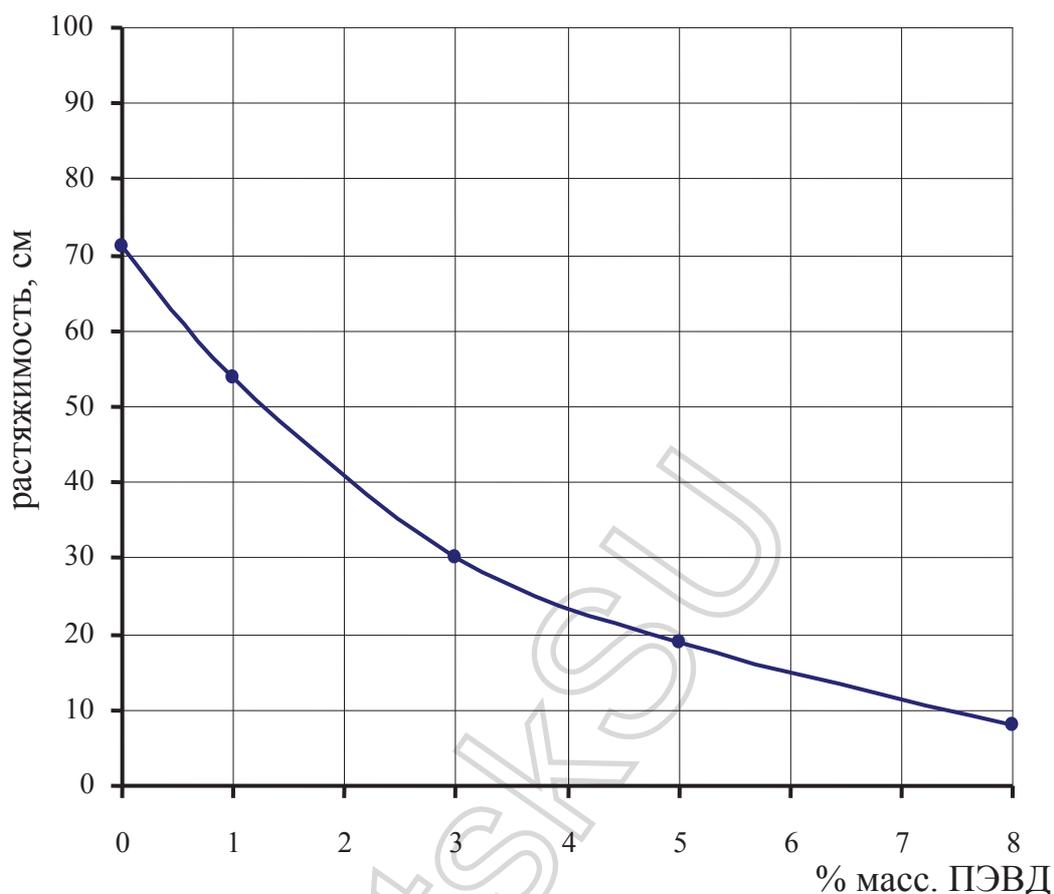


Рисунок 2.31 – Зависимость растяжимости битума БН 90/130 от количества ПЭВД

- В результате экспериментальных исследований установлено, что:
- полиэтилен инертен по отношению к битуму, действие полиолефинов на битумные материалы – явление скорее физическое, чем химическое;
 - увеличение количества полиэтилена приводит к возрастанию температуры размягчения;
 - с увеличением содержания полимера возрастает сопротивление погружению стальной иглы;
 - добавление $\leq 1\%$ полиолефина способствует снижению температуры хрупкости битумов;
 - растворимость битумов в бензоле или хлороформе резко снижается с увеличением добавки полимера более 3%;
 - добавка 1% полиэтилена обеспечивает более устойчивое сцепление, битума с поверхностью мрамора по сравнению с исходным битумом;
 - наиболее эффективное действие оказывает добавка полиэтилена $\approx 1\%$ от массы битума при условии тщательного перемешивания смеси.

2.5.3 Исследование реологических свойств битумно-полимерных композиций

Реологические свойства битумов и битумно-полимерных композиций определены методами консистометрии и вискозиметрии в интервале температур 70..200 °С.

Для выяснения общих закономерностей зависимости структурно-реологического состояния исследуемых материалов по экспериментальным данным напряжения сдвига от скорости сдвига построены кривые текучести (приложения А, Б, В, Г), которые позволяют определить температуру перехода материала из пластично-текучего состояния в состояние ньютоновской жидкости. Графически подобная зависимость носит прямолинейный характер, тангенс угла наклона прямой, называемый степенью аномалии течения для ньютоновской жидкости равен единице, для неньютоновской – отличен от единицы.

Из анализа результатов экспериментов следует, что битум марки БН 90/10 и битумно-полимерные композиции с содержанием полиэтилена 3 и 5% масс в области температур ниже температуры размягчения имеют неньютоновский характер.

Объясняется это, видимо, тем, что в области температур 70...130 °С материал имеет пространственную структуру, достаточно жесткую, чтобы сопротивляться любому напряжению, не превосходящему предела текучести. При увеличении температуры испытания битум переходит в ньютоновскую жидкость (степень аномалии равна 1). Так, при 140 °С и выше наблюдается ньютоновское течение битума, структура материала устойчива против действия внешних нагрузок.

Прочность и теплостойкость битумно-полимерных композиций, как показано стандартными методами испытаний, при повышении температуры возрастают [16].

Полученные ранее зависимости подтверждаются при изучении сдвиговых характеристик. Так, при температуре 130 °С и напряжении сдвига 50 Н/м^2 скорость сдвига для битума БН 90/10 и композиций, содержащих 3 и 5% масс. ПЭВД, соответственно равны 4,8; 0,31 и 0,16 с^{-1} . С увеличением содержания полимера в битуме температура перехода из неньютоновского в ньютоновское состояние повышается. При добавке 3 % ПЭВД к битуму БН 90/10, температура составляет 160 °С, а при добавке 5% ПЭВД – 200 °С. Одновременно возрастает и вязкость материалов: при температуре 140 °С и напряжении сдвига 50 Н/м^2 вязкость равна 0,9; 97 и 104,2 $\text{Н} \cdot \text{сек} / \text{м}^2$ для исходного битума и его композиций с 3 и 5% ПЭВД, соответственно.

Таким образом, температура перехода из неньютоновского состояния в ньютоновское повышается с увеличением содержания полимера в битумно-

полимерной композиции, сдвиговые характеристики материалов при этом ухудшаются.

2.6 Расчет параметров опытно-промышленной установки по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку

Как упомянуто ранее, при упаковывании в тонкую пленочную тару горячего битума и других специальных высокозастывающих нефтепродуктов в процессе заливки тару помещают в жесткую металлическую форму и охлаждают водой для обеспечения сохранности пленки. При этом все параметры проектируемого оборудования можно рассчитать по полученным нами уравнениям. Однако при проектировании оборудования, невозможно учесть ситуацию, связанную с вероятностью возникновения неравномерного распределения воды по поверхности пленки, и ее разноутолщенность, которые практически не поддаются контролю. Вследствие этого на некоторых участках тары существует возможность проплавления пленки при высоких температурах заливаемого битума.

В ходе проведения опытов установлено, что наибольшая вероятность разрушения пленки может происходить в нижней части пленочного пакета. Это связано с воздействием на дно тары одновременно двух факторов – температуры и гидростатического давления, создаваемого битумом. Эта проблема решена нами путем использования технологии поэтапной заливки битума. Первый этап – заливка малой дозы битума произведена в течение 3...5 секунд. Такая доза битума быстро охлаждается, и на дне пленочной тары образуется предварительный защитный «теплоизоляционный» слой малой толщины. Второй этап – заливка остального, основного объема битума с производительностью, позволяющей формироваться твердому защитному слою битума толщиной 2...3 мм. При таком способе заливки и охлаждения битума проплавления пленки не происходит. С учетом этих допущений порядок расчета оборудования следующий.

Исходными данными для выполнения расчетов являются: начальная и конечная температура битума, температура охлаждающей воды, свойства битума и полиэтиленовых пленок.

1. Расход воды на орошение пленочной тары рассчитываем, исходя из условия, что коэффициент теплоотдачи воды α_c должен составлять не менее $250...300 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$, чтобы обеспечить $Bi \geq 100$.

Расчет проводим по известным уравнениям теплоотдачи для вынужденного движения жидкости в каналах. Размеры канала выбираем в соответствии с размерами тары и заливочной формы. Скорость воды в канале-зазоре между

тарой и формой принимаем по известным рекомендациям равной 1...2,5 м/с [75].

2. Относительную избыточную температуру на границе защитного слоя битума по известным начальной температуре битума t_0 , температуре охлаждающей воды t_c и температуре теплостойкости (плавления) материала пленки t определяем по следующему уравнению:

$$\theta = \frac{t - t_c}{t_0 - t_c}. \quad (2.18)$$

3. Рассчитываем величину Fo_x по уравнению:

$$\theta = \operatorname{erf}\left(\frac{1}{2\sqrt{Fo_x}}\right). \quad (2.19)$$

4. Определяем продолжительность пребывания тары с залитым битумом в форме для формирования слоя битума толщиной 3...5 мм:

$$\tau = \frac{Fo \cdot x^2}{\alpha}. \quad (2.20)$$

5. Рассчитываем коэффициент формы с учетом размеров упаковки битума. По разработанной технологии упаковывания битума в полиэтиленовую пленку [14–А] единичная упаковка имеет форму параллелепипеда и размеры ($l_1 \times l_2 \times l_3$) представленные в приложении Д.

$$K = \frac{1}{\left(\frac{\pi}{l_1}\right) + \left(\frac{\pi}{l_2}\right) + \left(\frac{\pi}{l_3}\right)}. \quad (2.21)$$

6. Находим темп охлаждения битума в поверхностном слое:

$$m_\infty = \frac{a}{K}. \quad (2.22)$$

7. Задаваясь конечной температурой битума в упаковке t_k , определяем необходимое время пребывания упаковки в ванне с водой:

$$\tau = \frac{\ln \mathcal{G} - \ln \mathcal{G}_-}{m_\infty}, \quad (2.23)$$

где

$$\mathcal{G} = t_0 - t_c;$$

$$\mathcal{G}_- = t_k - t_c.$$

8. С учетом способа перемещения упаковок в ванне рассчитываем ее длину. Например, если упаковки перемещаются на плаву со скоростью w , то длина ванны:

$$L = \varphi \cdot w \cdot \tau, \quad (2.24)$$

где

φ – коэффициент, учитывающий расстояние между плавущими упаковками.

Пример расчета параметров *опытно-промышленной* установки (технологического процесса) по упаковыванию битума и других специальных высокозастывающих нефтепродуктов в полиэтиленовую пленку приведен в приложении Ж.

Выводы по главе 2

1. Установлены зависимости между физико-химическими свойствами высокозастывающих нефтепродуктов и теплообменными процессами их охлаждения, позволяющие управлять технологическими параметрами упаковывания битума в полиэтиленовую пленку.

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. 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. Добавление $\leq 1\%$ полиэтилена 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% масс 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.

3. Установлено, что:

– 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 застывания битума, тем быстрее формируется защитный слой;

– формирование защитного твердого слоя битума происходит быстрее при более низких температурах 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.

ГЛАВА 3

РАЗРАБОТКА БЕЗОТХОДНОЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УПАКОВЫВАНИЯ БИТУМА И ДРУГИХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВЫСОКОЗАСТЫВАЮЩИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ

3.1 Разработка основ безотходной, экологически чистой технологии упаковывания битума и других специальных высокозастывающих нефтепродуктов в полиэтиленовую пленку

При разработке технологических схем упаковывания битума, необходимо учитывать большое число разноплановых факторов, к основным из которых относятся: вид тары и упаковочного материала, способ упаковывания, способ транспортирования, размер транспортного пакета и единичной упаковки, способ охлаждения.

В настоящее время для упаковывания битума применяют в основном бумагу, металлические бочки, контейнеры, жестяные банки и полимерные материалы.

Предложен целый ряд разнообразных вариантов охлаждения и упаковывания битумов. Поиск рациональных методов упаковывания битумов ведут в течение многих лет специалисты разных стран. При этом основным направлением поисковых работ в этой области является разработка технологий с использованием различных полимерных пленок для упаковывания битумов, в том числе полиэтиленовых.

Патенты по упаковыванию битума в пленку, по характеру предлагаемых способов можно объединить в несколько групп.

Первая группа предусматривает охлаждение распыленного битума воздухом перед или в процессе его упаковывания в пленку.

Во второй группе патентов жидкий битум охлаждают до затвердевания, а затем упаковывают его в обычную или термоусадочную пленку.

Третья группа патентов предлагает заливку горячего битума в формы с вкладышами из полимерной пленки и охлаждение на воздухе.

Четвертая группа патентов основана на заливке битума в горячем жидком виде в пленку и применении эффективного водяного охлаждения.

При разработке технологии для упаковывания битума в полиэтиленовую пленку использованы результаты теоретических исследований, представленные в главе 2, а также учтены изложенные в главе 1 достоинства и недостатки известных технологий и оборудования. На рисунке 3.1 представлена блок-

схема, поясняющая принцип действия технологии для упаковывания битума в полиэтиленовую пленку.

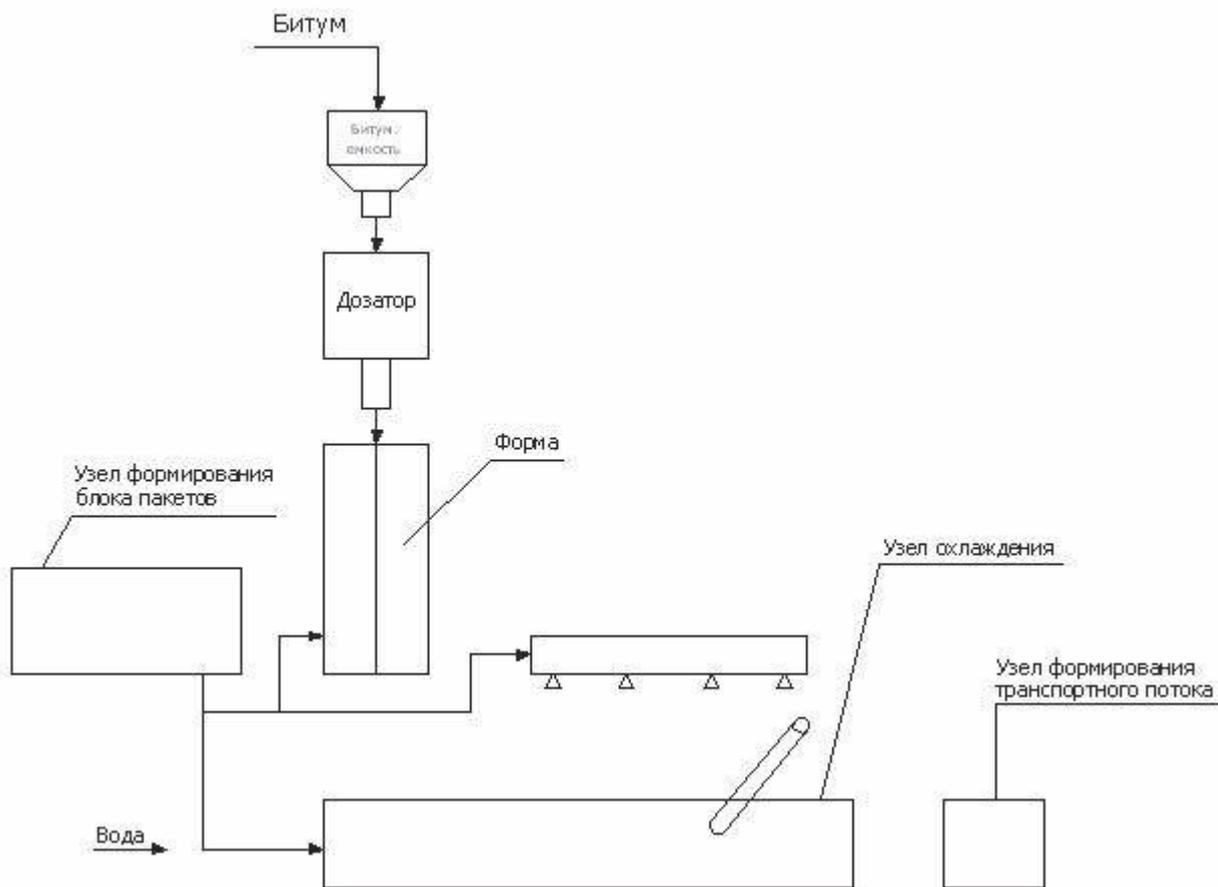


Рисунок 3.1 – Блок - схема упаковывания битума в полиэтиленовую пленку

Разработанная технология [7,16,88,15–А] позволяет:

- упаковывать битум без его предварительного охлаждения;
- снизить выброс вредных паров в 8 раз;
- снизить затраты электроэнергии в 12 раз;
- 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 последующей его использования совместно с битумом.

Упаковывание битума по разработанной технологической схеме производят следующим образом.

Полиэтиленовый рукав раздувают сжатым воздухом и поперечными термосварными швами разделяют на секции. Блок из нескольких секций пакетов отрезают от рукава ножом и помещают в заливочную форму. Форму

поднимают до момента соприкосновения тары с горячими заливочными патрубками дозатора. В пленке проплавливают отверстия, и патрубки входят внутрь пакетов.

Из секционного дозатора в тару заливают равными объемами битума. После заливки отверстия в пакетах запечатывают, форма раскрывается, и блок пакетов соскальзывает в ванну с водой. Пакеты с битумом после охлаждения извлекают из ванны и штабелируют. Принятые технические решения позволяют механизировать и автоматизировать все операции разработанного технологического процесса, а изготовление тары в виде блока из нескольких пакетов дает возможность производить мелкую фасовку битума (по 10, 15, 20 кг) без снижения производительности установки. Получаемые блоки битума легко поддаются формированию в транспортный пакет (кипу). Пакетирование может производиться на стандартных поддонах или без них. Пакетирование без поддонов возможно благодаря правильной форме блоков и наличию в них углублений, а плотное обандероливание тары полимерной лентой, укладываемой в углубления, обеспечивает необходимую жесткость транспортного пакета.

Описанная технология, разработанная для битумов, может быть использована для упаковывания парафина и других специальных нефтепродуктов с введением небольших конструктивных изменений.

Кроме того, для упаковывания парафинов в полиэтиленовую пленку разработана технологическая схема установки с воздушным охлаждением [16–А, 17–А]. Охлаждение парафина производят непосредственно в процессе его пневматического распыления при прямоочном движении фаз, для чего разработана конструкция распылителя с низким гидравлическим сопротивлением позволяющая существенно, снизить энергозатраты на подачу воздуха.

Экспериментально определен коэффициент гидравлического сопротивления распылителя, который равен 1,3...1,4 при ширине сопла газораспределительной камеры 2 и 3 мм и угле между газораспределительными камерами 30...12°, соответственно. Скорость воздуха в сопле при таких его параметрах составляла 37...57 м/с.

С учетом этих показателей расчетный расход электроэнергии на распыление составит около 2 киловатт на 1 т парафина.

По данным Грозненского института промышленного нефтестроения, расход электроэнергии на охлаждение распылением в колонне составляет 50...80 киловатт на 1 т парафина, а на барабанных машинах – 3 – 4 киловатта на 1 т парафина.

Таким образом, разработанная конструкция характеризуется малой энергоемкостью, однако способ охлаждения парафина распылением не обладает экологической чистотой и приводит к потерям продукта, поэтому предпочтительной является технология упаковывания парафина в рукавную пленку с водяным охлаждением.

3.2 Разработка оборудования для упаковывания битума в рукавную полиэтиленовую пленку

Разработанная блок-схема упаковывания битума в полиэтиленовую пленку использована при разработке технологической схемы, представленной на рисунке 3.2. На основании разработанной технологической схемы спроектировано и изготовлено оборудование опытно-промышленной (рисунок 3.3) и промышленной (рисунок 3.4) установок.

Расчет проектных показателей и геометрических параметров оборудования проведен на основании анализа факторов оказывающих влияние на выполнение необходимых операций на всех стадиях транспортного процесса.

Опытно-промышленная [18–А] и промышленная установки по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку, изготовленные в соответствии с технологической схемой (рисунок 3.2), работают следующим образом. Перед началом работы установок на оси датчика 1 устанавливают рулон полиэтиленовой рукавной пленки. Конец рукава заправляют между направляющими роликами 2 и валиками 4 протяжного устройства 3, разъединяются слипшиеся стенки пленки, свободный конец рукава заполняют сжатым воздухом и заваривается поперечным швом.

Узел размотки полиэтиленового рукава показан на фотографии (рисунок 3.5).

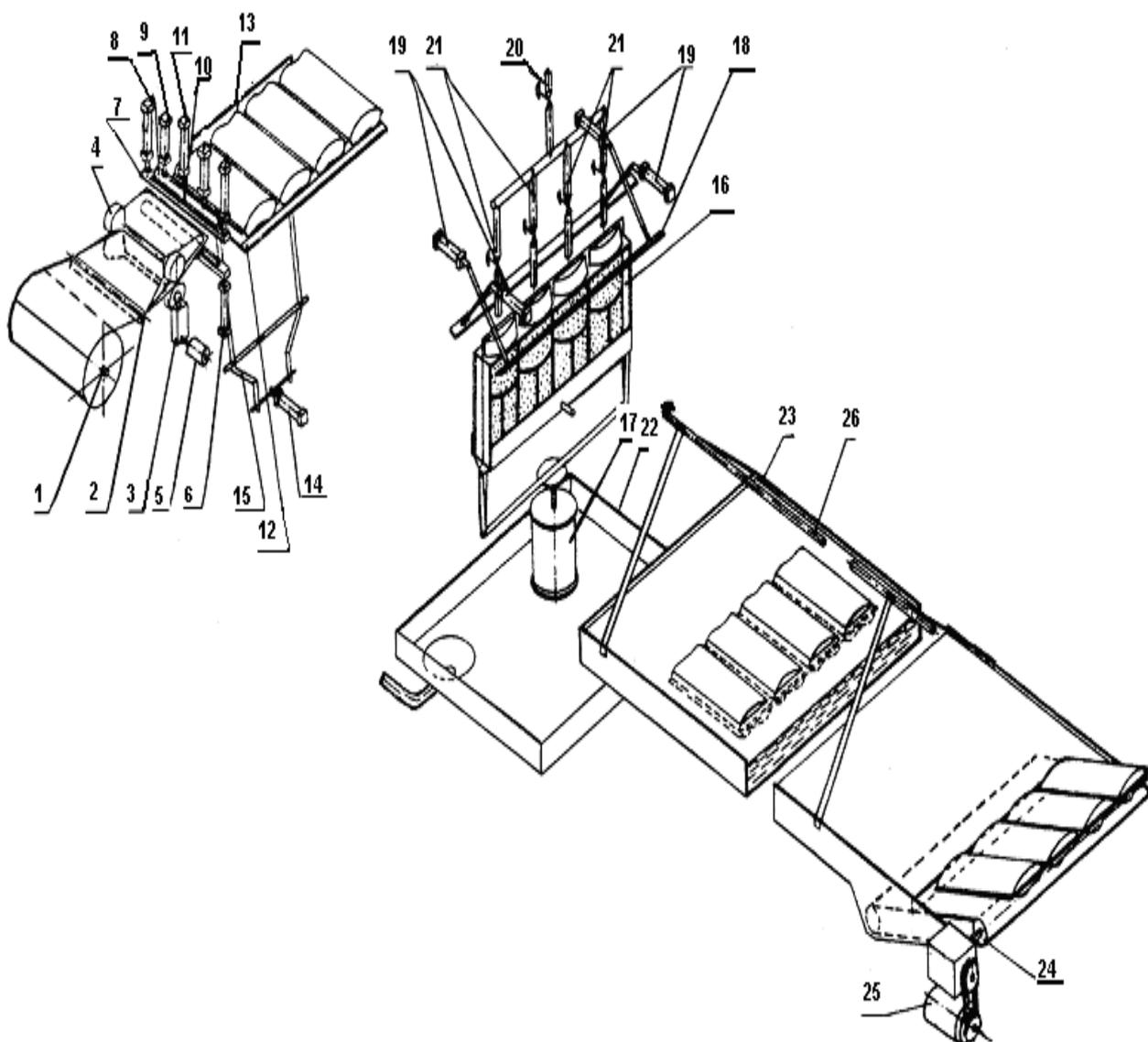
Затем полиэтиленовый рукав протягивается валиками 3 и раздувается сжатым воздухом. Сжатый воздух подают в рукав порциями через полые иглы 10, которые совершают возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости при помощи пневмоцилиндров 11.

Узел формирования блока пакетов показан на фотографии (рисунок 3.6).

При ходе вниз иглы прокалывают верхнюю стенку раздутого рукава, и внутрь него поступает сжатый воздух, раздвигая стенки рукава и заполняя объем, образованный выемками центральной части валиков 3.

Наполненный воздухом рукав разделяется на пакеты в виде подушек поперечными двойными термосварными швами, которые образуются при сжатии стенок рукава нижними 6 и верхними 7 нажимными губками с

последующей сваркой сварными губками 8, которые перемещаются с помощью пневмоцилиндров 9. Двойные швы накладываются таким образом, чтобы отверстия, проколотые иглами 10 в стенке рукава, располагались между полосами двойного шва, за счет чего пакеты оказываются герметично запечатанными.



1 – отдатчик; 2 – направляющие ролики; 3 – протяжное устройство; 4 – валики протяжного устройства; 5 – привод; 6 – нижние нажимные губки; 7 – верхние нажимные губки; 8 – сварочные губки; 9 – пневмоцилиндры сварочных губок; 10 – иглы; 11 – пневмоцилиндр для игл; 12 – стол; 13 – профильная планка; 14 – пневмоцилиндр профильной планки; 15 – нож; 16 – форма; 17 – привод формы; 18 – сварочное устройство; 19 – привод сварочного устройства; 20 – дозатор; 21 – заливочные патрубки; 22 – поддон; 23 – ванна; 24 – конвейер; 25 – привод конвейера; 26 – ороситель

Рисунок 3.2 – Технологическая схема установки для упаковывания битума в полиэтиленовую пленку

PolotskSU

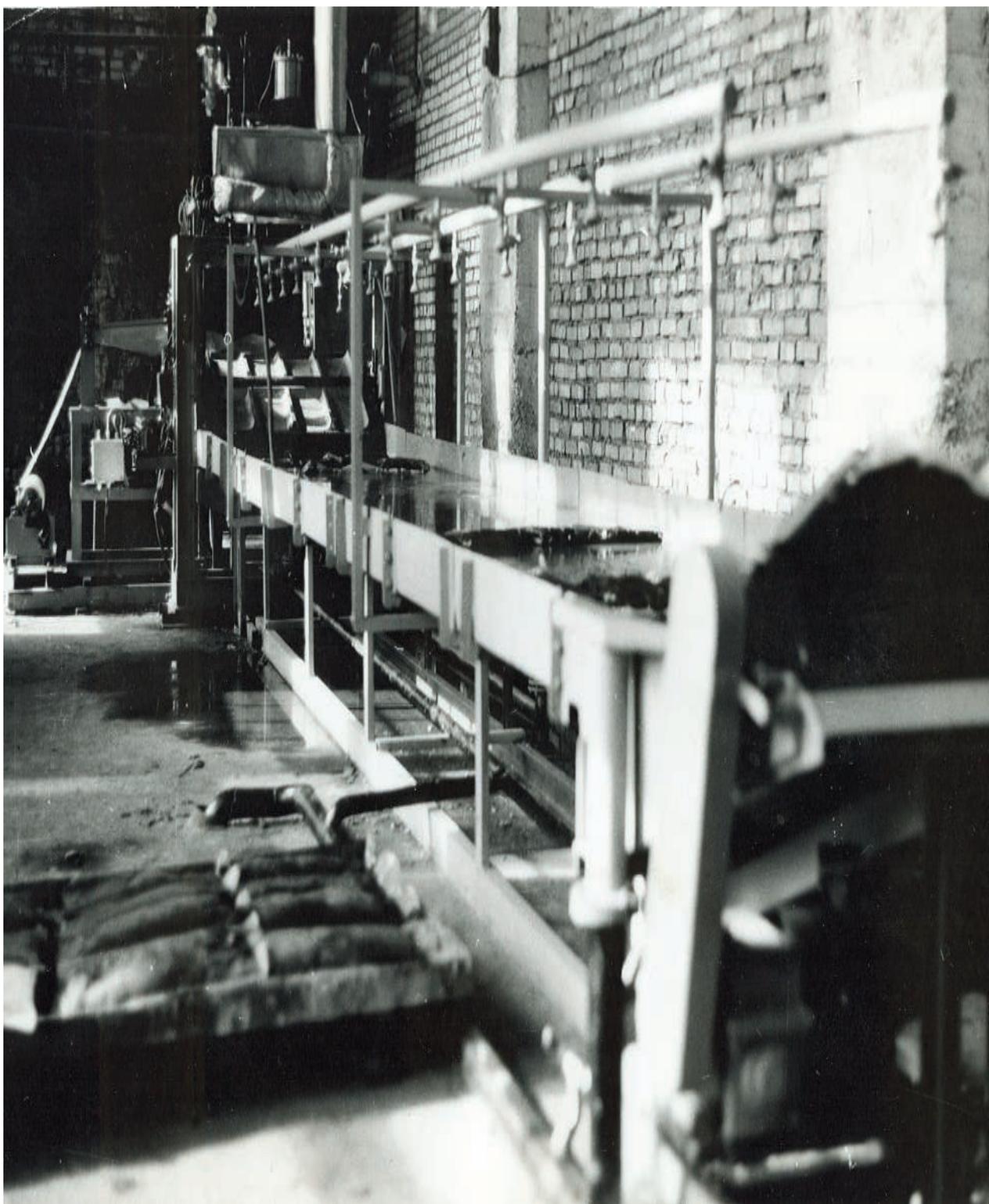


Рисунок 3.3 – Опытно-промышленная установка по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку



Рисунок 3.4 – Промышленная установка упаковывания битума в полиэтиленовую пленку

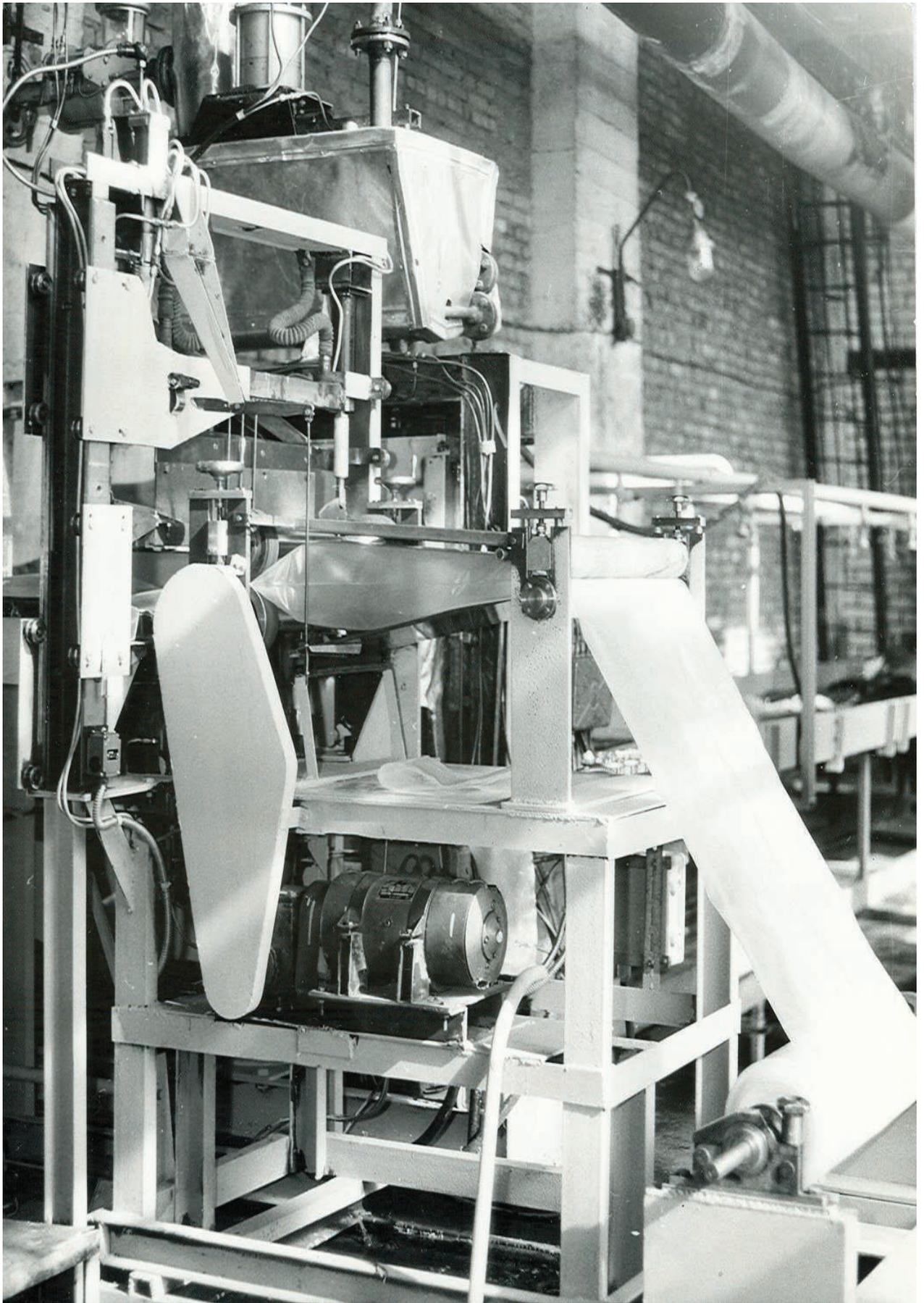


Рисунок 3.5 – Узел размотки полиэтиленового рукава

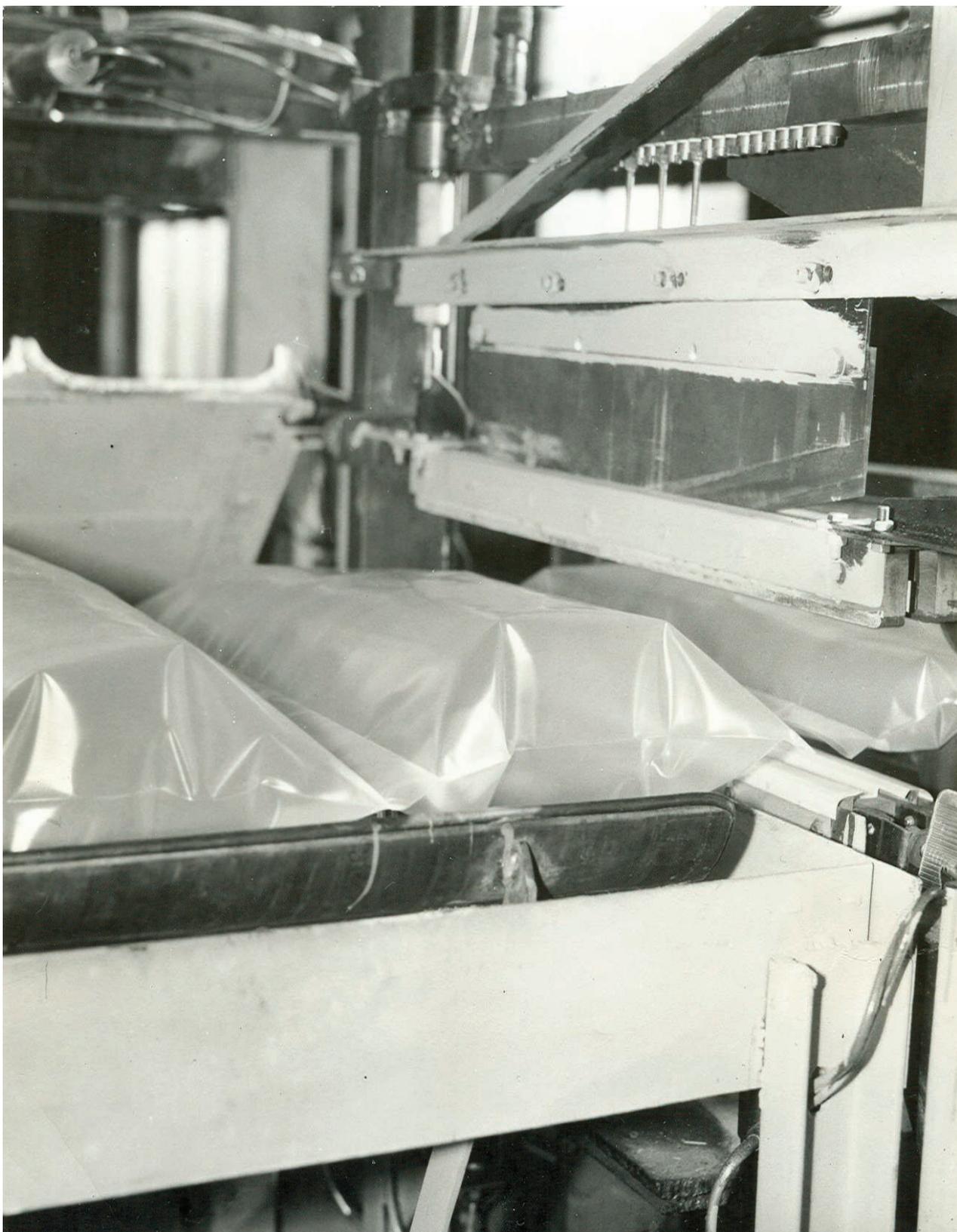


Рисунок 3.6 – Узел формирования блока пакетов

На фотографии (рисунок 3.7) представлена готовая тара, изготовленная из полиэтиленового рукава.

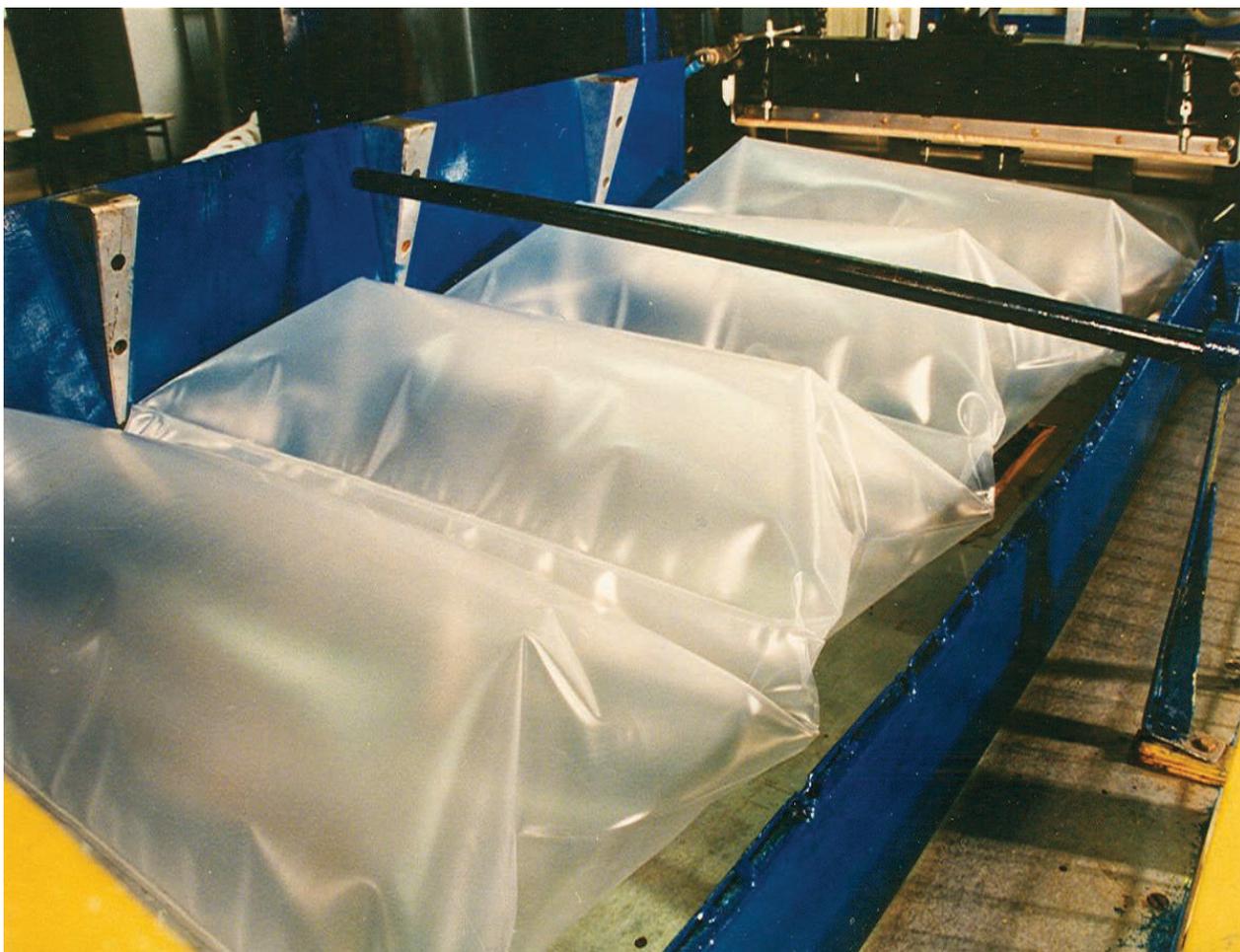


Рисунок 3.7 – Полиэтиленовая тара

После заполнения воздухом нужного числа пакетов, уложенных на стол 12, пленка отрезается ножом 15 и от рукава отделяется блочная тара. Профильная планка 13, перемещаемая с помощью пневмоцилиндра 14, передвигает тару, заполненную воздухом, по поверхности стола и размещает ее в раскрытой форме 16. После этого с помощью двух пневмоцилиндров 17 начинается подъем формы и одновременное сведение ее половин. Сведенные половины форм зажимают тару по поперечным швам и фиксируются замками.

Закрытая форма принимает вертикальное положение, в это время через отверстия в ее стенках подается охлаждающая вода на наружную поверхность тары. Вода свободно стекает через разъем формы в поддон 22. Затем форма поднимается до соприкосновения верхней части полиэтиленовых пакетов, выступающих из формы, с горячими концами заливочных патрубков 21 дозатора 20. При этом в полиэтиленовой пленке проплавляются отверстия, а концы заливочных патрубков проходят внутрь пакетов.

Затем открываются клапаны на заливочных патрубках 21 дозатора 20, и в пакеты заливаются одинаковые объемы битума. Штоки клапанов присоединены к горизонтальной планке, которая перемещается с помощью пневмоцилиндров.

После налива битума форма 16 с помощью пневмоцилиндров 17 опускается так, чтобы патрубки 21 вышли из соприкосновения с пленкой, после чего пневмоцилиндрами 19 к блоку пакетов подводятся губки сварочного устройства 18 и на выступающую верхнюю часть тары накладывается шов.

После этого форма 16 с помощью тех же пневмоцилиндров 17 раскрывается, при этом одна ее половина опирается о край стола 21, а другая опускается ниже, до упора о стенку ванны 23. Герметично запечатанный блок с битумом соскальзывает из нижней половины формы 16 в ванну с водой 23 (рисунок 3.8).

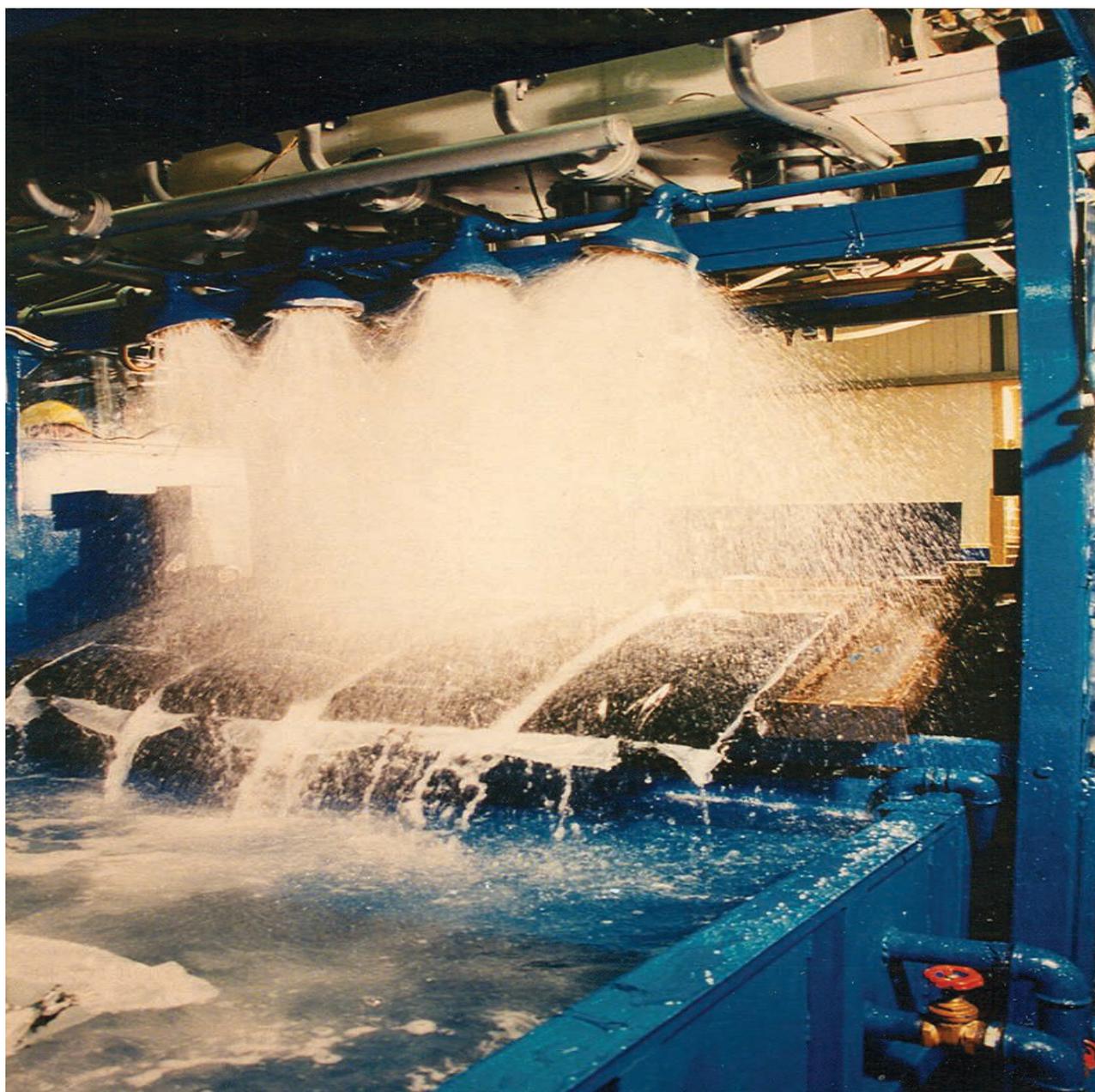


Рисунок 3.8 – Выгрузка упакованного битума в полиэтиленовую пленку из формы в ванну

Попавший в ванну блок пакетов с битумом за счет направленного движения воды перемещается в сторону конвейера 24, орошаясь в это время сверху водой. Пакеты с битумом находятся в ванне около 40 минут, за это время битум охлаждается настолько, чтобы с пакетами можно было выполнять необходимые манипуляции, не опасаясь повреждения тары.

В конце ванны блок пакетов подхватывается цепным конвейером 24, нижний конец которого погружен в воду, и выталкивается на поддон. Конвейер приводится в действие с помощью привода 25. Во избежание возможного проплавления полиэтиленовой пленки в момент перемещения пакетов в ванне они сверху орошаются водой с помощью оросителей 26. Поддон постепенно опускается, и на нем образуется кипа из 10 уложенных друг на друга брикетов битума. Затем кипу с битумом обвязывают полимерной обвязочной лентой, размещая ее в углублениях сварных швов, и отправляют на склад.

3.3 Определение оптимальных параметров работы установок по упаковыванию битума в рукавную полиэтиленовую пленку

Основными критериями для выбора оптимальных технологических параметров упаковывания битума в полиэтиленовую пленку являются обеспечение сохранности полиэтиленовой пленки, безотходность технологии, минимизация экологической нагрузки на окружающую среду, энерго- и ресурсосбережение.

На опытно – промышленной установке, работающей на ОАО «Нафтан» (Беларусь) по технологической схеме, представленной на рисунке 3.2, отработаны оптимальные параметры упаковывания битума в полиэтиленовую пленку.

Опыт эксплуатации установок показал, что основными показателями, определяющими параметры их работы, являются:

- свойства битума, а именно температура размягчения (застывания);
- начальная температура битума;
- температура хладагента.

В таблице 3.1 представлены рекомендуемые значения начальной температуры заливки битумов марки БН 70/30 и БН 90/10 в полиэтиленовые пакеты при температуре хладагента не выше +30 °С.

Результаты опытно – промышленной эксплуатации оборудования по упаковыванию битума в полиэтиленовую тару подтверждают выводы, изложенные в главе 2.

Таблица 3.1 – Оптимальные значения начальной температуры заливки битума

Показатель	Температура, °С				
	Температура застывания	73	76	80-84	86
Температура заливки	120-132	132-140	140-143	143-147	147-160

Для работы установки с производительностью 2400 тонн/год необходимо обеспечить следующие технологические параметры:

- расход охлаждающей воды – 5 м³/ч;
- температура охлаждающей воды, не более + 30°С;
- расход сжатого воздуха – 10 нм³/ч;
- давление сжатого воздуха – 0,6 мПа;
- температура на нагревательных элементах – 180...200°С.

В качестве упаковочного материала используется рукавная полиэтиленовая пленка I и II сорта по ГОСТ 10354-82 в рулоне:

- ширина рукава – 600 мм;
- толщина пленки – 0,12...0,20 мм;
- масса рулона – 15 кг;
- диаметр рулона – 300 мм.

Изготавливаемая блочная тара из наполненных сжатым воздухом полиэтиленовых пакетов должна иметь следующие параметры:

- длина пакета – 300±2 мм;
- высота пакета – 600±20 мм;
- вместимость – 12±0,4·10⁻³ м³;

После заливки битума брикет должен иметь следующие параметры:

- число пакетов в блоке – 4 шт.
- масса брикета – 10±0,4 кг;
- масса блока – 40±1,6 кг;
- размеры блока (длина/ширина/толщина) – 1200/500/100/ мм.

При обеспечении указанных параметров полный цикл основных операций упаковывания битума составляет 4... 5 минут.

Продолжительность основных операций:

- укладка оболочек в форму – 5 сек;
- закрытие формы и подъем ее к заливочным патрубкам – 30 сек;
- заливка битума – 120 сек;
- выдержка формы под патрубками – 60 сек;
- опускание формы – 20 сек;
- заваривание отверстий в оболочках – 30 сек;
- раскрытие формы, удаление оболочек в ванну – 30 сек.

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 (приложение И) заключенному между Республикой Беларусь и Республикой Польша, изготовлена и эксплуатируется на Rafineria nafty Trzebinia (Польша).

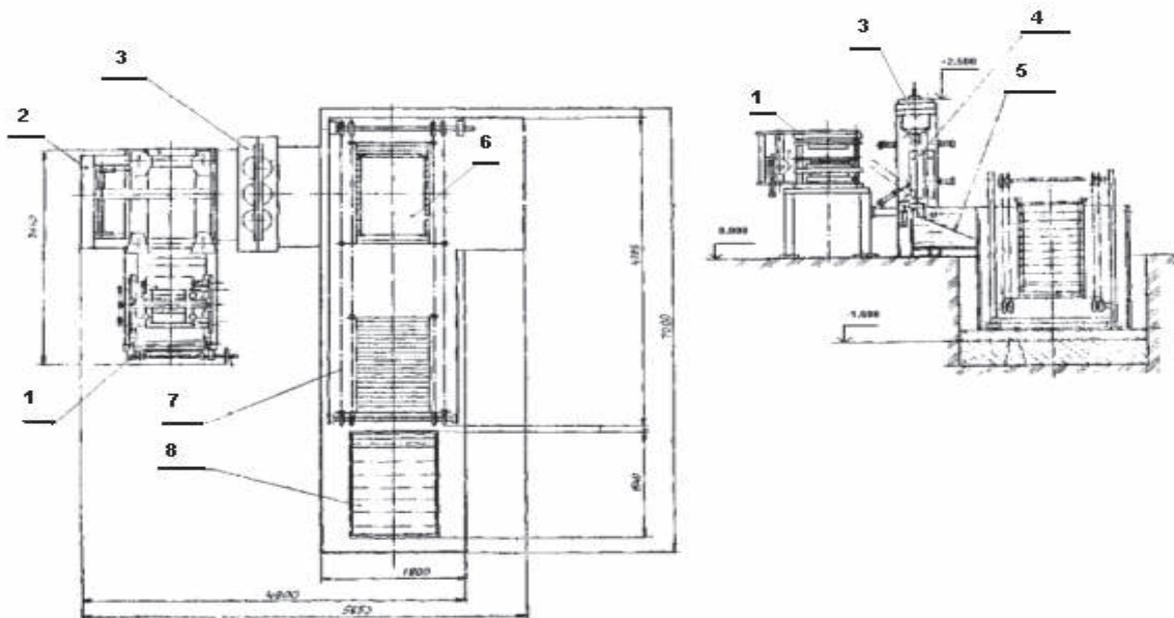
Модификация БИПАК-2400 является базовой моделью. С учетом опыта ее эксплуатации разработаны еще две модификации БИПАК- 5000 и БИПАК-30000.

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.

Все разработки защищены охранными документами (приложение К, Л, М, Н, П, Р, С, Т).

Технологическая схема установки модификации БИПАК-5000 представлены на рисунке 3.9, а варианты установок модификации БИПАК-30000 – в приложениях У, Ф, Х, Ц, Ч, Ш.



1– узел формирования блока пакетов; 2 – стол; 3 – дозатор; 4 – форма; 5 –подъемник;
6 – контейнер; 7 – конвейер; 8 – кипа

Рисунок 3.9 – Технологическая схема установки модификации БИПАК-5000

Характеристики установок для упаковывания битума в полиэтиленовую пленку представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Техническая характеристика установок для упаковывания битума в полиэтиленовую пленку

Показатель	Ед. изм.	БИПАК-2400	БИПАК-5000	БИПАК-30000
Производительность	т/год т/час	2 400 0,6	5 000 1,2	30 000 7,5
Масса упаковки	кг	40 (4×10)	45 (3×15)	60 (3×20)
Расход упаковочного материала	кг/т.	8,45	6	8
Толщина полиэтиленовой пленки	мм	0,22	0,22	0,22
Расход электроэнергии	кВт-час/т.	5	6	24
Расход воды	м ³ /час/т.	5	5	30
Расход сжатого воздуха	нм ³ /час/т	10	10	45
Число рабочих в смене	кол.	2	2	6
Формирование грузового пакета		обондероливанием или на поддонах		

Выводы по главе 3

1. Впервые разработана технология, позволяющая упаковывать высокозастывающие нефтепродукты в полиэтиленовую пленку при температуре 140...170⁰С, превышающую температуру плавления упаковочного материала (103...110⁰С). Показано, что разработанная технология является безотходной, энерго – и ресурсосберегающей и обеспечивает экологическую чистоту на всех стадиях транспортного процесса. Разработан типоразмерный ряд оборудования для упаковывания битума в полиэтиленовую плёнку, определены оптимальные параметры его работы.

2. Разработана блок – схема, поясняющая принцип действия технологии для упаковывания битума в полиэтиленовую пленку и технологическая схема упаковывания битума в полиэтиленовую пленку позволяющая:

- упаковывать битум без его предварительного охлаждения;
- снизить выброс вредных паров в 8 раз на тонну битума;
- снизить затраты электроэнергии в 12 раз на тонну битума;
- сократить время погрузки и разгрузки;

- исключить операции утилизации тары и дробления битума;
- исключить загрязнение окружающей среды твердыми отходами;
- использовать вторичный полиэтилен в качестве тары.

3.Опытно-промышленным путем подтверждены выводы теоретических исследований о том, что основными показателями, влияющими на параметры работы установок по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку, являются:

- свойства битума, а именно температура размягчения (застывания);
- начальная температура битума;
- температура хладагента.

PolotskSU

ГЛАВА 4 ТРАНСПОРТНЫЙ ПРОЦЕСС НЕФТЕПРОДУКТОВ

4.1 Классификация нефтепродуктов по участию их в транспортном процессе

Сочетания основных факторов, выявленных в главе 1, проявляющихся на всех стадиях транспортного процесса основных видов нефтепродуктов, позволил классифицировать их по такому признаку, как участие в транспортном процессе (таблица 4.1). Разработанная классификация позволит выявить основные свойства нефтепродуктов и наиболее характерные факторы, оказывающие влияние на организацию транспортного процесса, и учесть их на всех его стадиях.

Для каждой из выделенных групп нефтепродуктов транспортный процесс имеет свои характерные особенности [19–А]. Транспортирование нефтепродуктов первой группы, к которым в основном относят светлые нефтепродукты, осуществляют по магистральным трубопроводам, автомобильным, железнодорожным транспортом и водными видами транспорта [1]. В некоторых редких случаях светлые нефтепродукты могут транспортировать в металлических бочках различными, видами транспорта, в том числе воздушным [1]. На организацию транспортного процесса этой группы нефтепродуктов наибольшее влияние оказывают вязкость, характеризующая величину потери напора при транспортировании их по трубопроводам, и температура испарения, определяющая потери нефтепродукта при транспортировании наземными видами транспорта и при хранении на складах и, как следствие, загрязнение атмосферы. Транспортный процесс этой группы нефтепродуктов состоит из трех стадий (рисунок 4.1).

Для снижения негативного влияния этих свойств на энергетические показатели работы оборудования и окружающую среду проводят различные технические мероприятия, направленные на уменьшение сопротивления в трубопроводе (например, введение присадок при транспортировании), или использование специального оборудования для предотвращения потерь нефтепродуктов от испарения, при хранении, от «больших» и «малых» дыханий резервуаров.

Нужно отметить, что технологии транспортирования светлых нефтепродуктов всеми видами транспорта достаточно совершенны. Физико-химические свойства всех светлых нефтепродуктов находятся в сравнительно узком диапазоне значений. Некоторые их различия у разных светлых нефтепродуктов не оказывают влияния на их транспортный процесс.

Таблица 4.1 – Классификация нефтепродуктов по участию в транспортном процессе

Классификация по организации транспортного процесса	Условная классификация нефтепродуктов	Нефтепродукт	Температура плавления (размягчения, застывания), °С	Температура, при которой происходит транспортирование, °С	Агрегатное состояние	Вид тары или упаковки	Вид транспорта			
							Ж.Д.	А.Т.	В.Д.	Т.Т.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	Светлые нефтепродукты	Бензины Керосины Дизельные топлива Топлива для реактивных двигателей	<0	температура окружающей среды	жидкое	цистерны, бочки, танки, канистры, бидоны, контейнер специальный	-	-	-	+
							+	+	+	-
II	Низко застывающие нефтепродукты	Масла	<0	температура окружающей среды	жидкое	бочки, канистры, бидоны, барабаны, цистерны, танки		+	+	-
		Мазуты	-5... +42	+15... +60	жидкое	цистерны, танки, контейнер специальный	+	+	+	-
		Пластичные (консистентные) смазки	>0	температура окружающей среды	вязкопластичное	бочки, банки, бидоны, барабаны	+	+	+	-

Продолжение таблицы 4.1

III	Высокозастывающие нефтепродукты	Твердые нефтяные парафины	+42...+62	температура окружающей среды	твердое	бочки, ящики, банки, барабаны, мешок бумажный или полимерный	+	+	+	-
				выше температуры плавления	жидкое	цистерны, танки, бидоны	+	+	+	-
		Воски, восковые композиции и составы, церезины	+50...+135	температура окружающей среды	твердое	цистерны, бочки, танки, ящики, бидоны, барабаны, мешок бумажный или полимерный	+	+	+	-

Продолжение таблицы 4.1

		Битумы дорожные	+35...+56	температура окружающей среды	твердое	цистерны, бочки, танки, ящики, бидоны, банки, барабаны, мешок бумажный или полимерный	+	+	+	-		
				выше температуры плавления	жидкое							
		Битумы строительные	+50...+105	температура окружающей среды	твердое	цистерны, вагон для битума, бочки, барабаны, мешок бумажный или полимерный	+	+	+	-		
				выше температуры плавления	жидкое							
		III	Высокозастывающие нефтепродукты	Битумы кровельные	+37...+95	температура окружающей среды	твердое	вагон для битума, бочки, барабаны, мешок бумажный или полимерный	+	+	+	-
						выше температуры плавления	жидкое					
		Битумы изоляционные	+65...+100	температура окружающей среды	твердое	вагон для битума, бочки, барабаны, мешок бумажный или полимерный, контейнер специальный	+	+	+	-		

Окончание таблицы 4.1

		Битумы для заливки аккумуляторных мас- тик	+105..+115	температура окружаю- щей среды	твердое	вагон для би- тума, бочки, барабаны, мешок бу- мажный или полимерный, контейнер специальный	+	+	+	-
		Хрупкие биту- мы	+100..+135	температура окружаю- щей среды	твердое	вагон для би- тума, бочки, барабаны, мешок бу- мажный или полимерный, контейнер специальный	+	+	+	-
		Рубраксы	+125..+135	температура окружаю- щей среды	твердое	вагон для би- тума, бочки, барабаны, мешок бу- мажный или полимерный, контейнер специальный	+	+	+	-

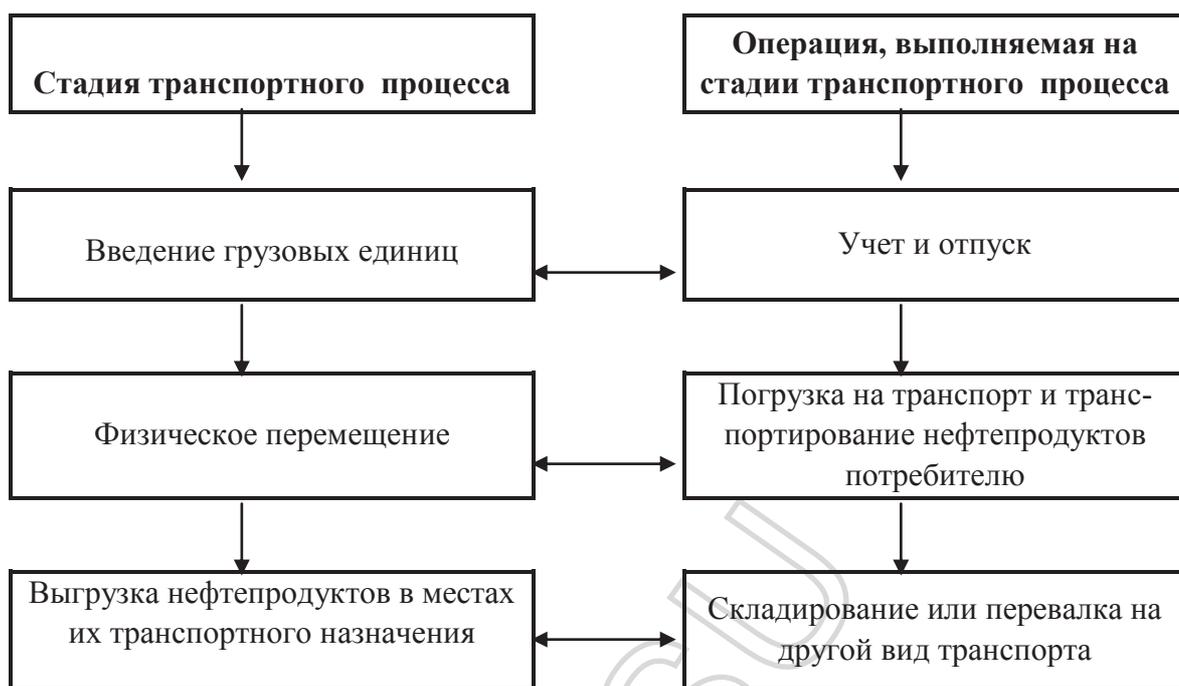


Рисунок 4.1 – Транспортный процесс светлых нефтепродуктов

В отличие от нефтепродуктов I-ой группы (таблица 4.1) нефтепродукты II-ой группы обладают физико-химическими свойствами, находящимися в широком диапазоне значений и оказывающими существенное влияние на характер транспортного процесса.

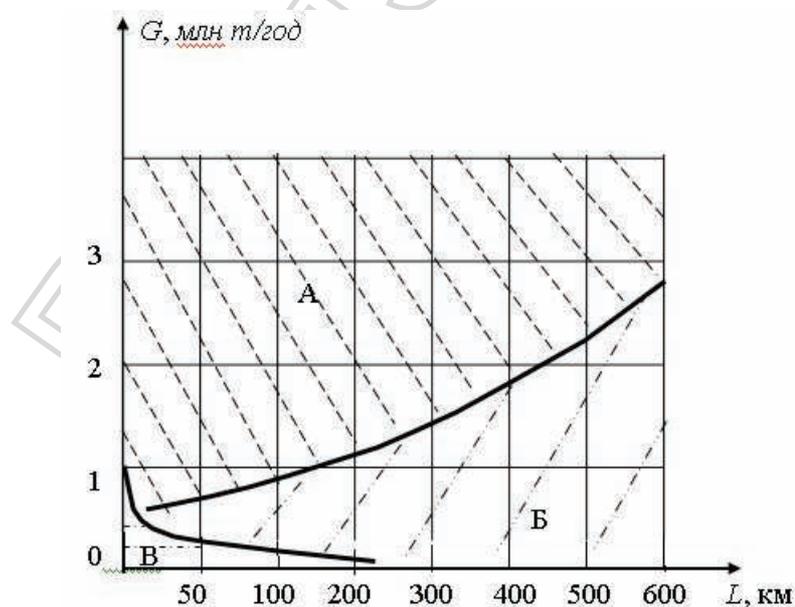
К низкозастывающим (группа II) в основном можно отнести нефтепродукты, температура застывания которых не превышает $+42^{\circ}\text{C}$. В эту группу входят масла, мазуты и вязкопластичные нефтепродукты. Транспортирование масел и мазутов осуществляют в жидком состоянии при температуре окружающей среды в специализированном подвижном составе железнодорожным, автомобильным, водным, а также трубопроводным транспортом [1, 50, 51, 89].

В зависимости от потребителя масла могут поставлять как крупными партиями в железнодорожных, автомобильных цистернах и танкерах, так и в таре малой емкости. Поставку масел трубопроводным транспортом потребителю практически не осуществляют, за исключением случаев, когда НПЗ и нефтебазы находятся на расстоянии 1,5...2 км. Перекачку масел по трубопроводам осуществляется, как правило, для транспортирования их с технологических установок в резервуарный парк, а при необходимости – в цех мелкой фасовки.

В странах бывшего СССР основными потребителями (более 45%) мазута являются крупные тепловые электростанции. В этой связи рассматривали варианты сооружения магистральных мазутопроводов. В качестве преимуществ трубопроводного транспорта мазута [89] отмечено исключение трудоемких операций в начальном и конечном пунктах, что резко повышает культуру про-

изводства, позволяет подавать продукт непосредственно на технологические установки, так же как и принимать готовую продукцию перерабатывающих предприятий, минуя промежуточное хранение. Хранилища сохраняют свое значение только как регуляторы асинхронности производства и потребления. Доставка грузов по трубопроводам отличается высокой надежностью, малыми потерями, отсутствием порожних пробегов и перевалок, экологической нейтральностью. Аналогично мазутам в разогретом состоянии транспортируют сырые высокопарафинистые нефти [1, 89, 90]. Расчеты, выполненные в работе [89], показали, что железнодорожный транспорт мазута целесообразен при дальности перевозок свыше 500 км. Его эффективность повышается при неравномерном в годовом разрезе графике поставок мазута и заметно зависит от грузонапряженности железнодорожных сетей. При расстояниях доставки свыше 300...500 км эффективен речной транспорт. Автомобильные перевозки целесообразны при относительно малых объемах поставок и радиусе развоза 50...60 км, причем с уменьшением грузопотока предельная дальность перевозок повышается. Трубопроводный транспорт мазута эффективен при объемах транспортировки, как правило, более 1,0...1,5 млн. тонн/год (рисунок 4.2).

При наличии в Республике Беларусь двух крупных нефтеперерабатывающих заводов, транспорт мазута по магистральному трубопроводу, безусловно, невыгоден.



А – трубопроводный транспорт; Б – железнодорожный транспорт;
В – автомобильный транспорт

Рисунок 4.2 – Рациональная область применения различных видов транспорта мазута

Вязкопластичные нефтепродукты, к которым относятся различные смазки [1, 4, 91], при транспортировании находятся в вязкопластичном состоянии и имеют температуру окружающей среды. Вязкопластичные нефтепродукты транспортируют в расфасованном виде, помещенными в тару различных размеров.

Особенностью транспортного процесса нефтепродуктов II-ой группы является то, что он для жидких низкозастывающих нефтепродуктов состоит из трех стадий, а для вязкопластичных и мелкофасованных – их четырех. Транспортный процесс вязкопластичных и мелкофасованных нефтепродуктов представлен на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 – Транспортный процесс вязкопластичных и мелкофасованных нефтепродуктов

К высокозастывающим нефтепродуктам (группа III), относят нефтепродукты, температура застывания которых выше + 42°C.

Отличительным признаком нефтепродуктов, входящих в эту группу, является то, что при температуре окружающей среды они находятся в твердом состоянии, а в жидкое состояние переходят при температуре, превышающей температуру их размягчения.

Некоторые виды высокозастывающих нефтепродуктов транспортируют в жидком состоянии, а некоторые – в твёрдом.

К высокозастывающим жидким нефтепродуктам условно можно отнести нефтепродукты с температурой размягчения от + 42 до + 60°С (дорожные битумы, некоторые марки строительных, кровельных битумов, парафинов, восков, вазелинов).

К высокозастывающим твердым нефтепродуктам условно можно отнести нефтепродукты с температурой размягчения выше +60°С, и которые транспортируют в твердом состоянии (строительные, кровельные, изоляционные, специальные битумы и др.).

На организацию транспортного процесса твёрдых ВЗНП основное влияние оказывают физико-химические свойства. Это обусловлено тем, что ВЗНП представляют собой сложные коллоидные (дисперсные) структуры, которые в зависимости от температуры нагрева (охлаждения) меняют структурно-механические свойства и реологические характеристики, создавая наибольшее количество проблем на всех стадиях их транспортного процесса [21–А]. Схема транспортного процесса твердых ВЗНП представлена на рисунке 4.4.

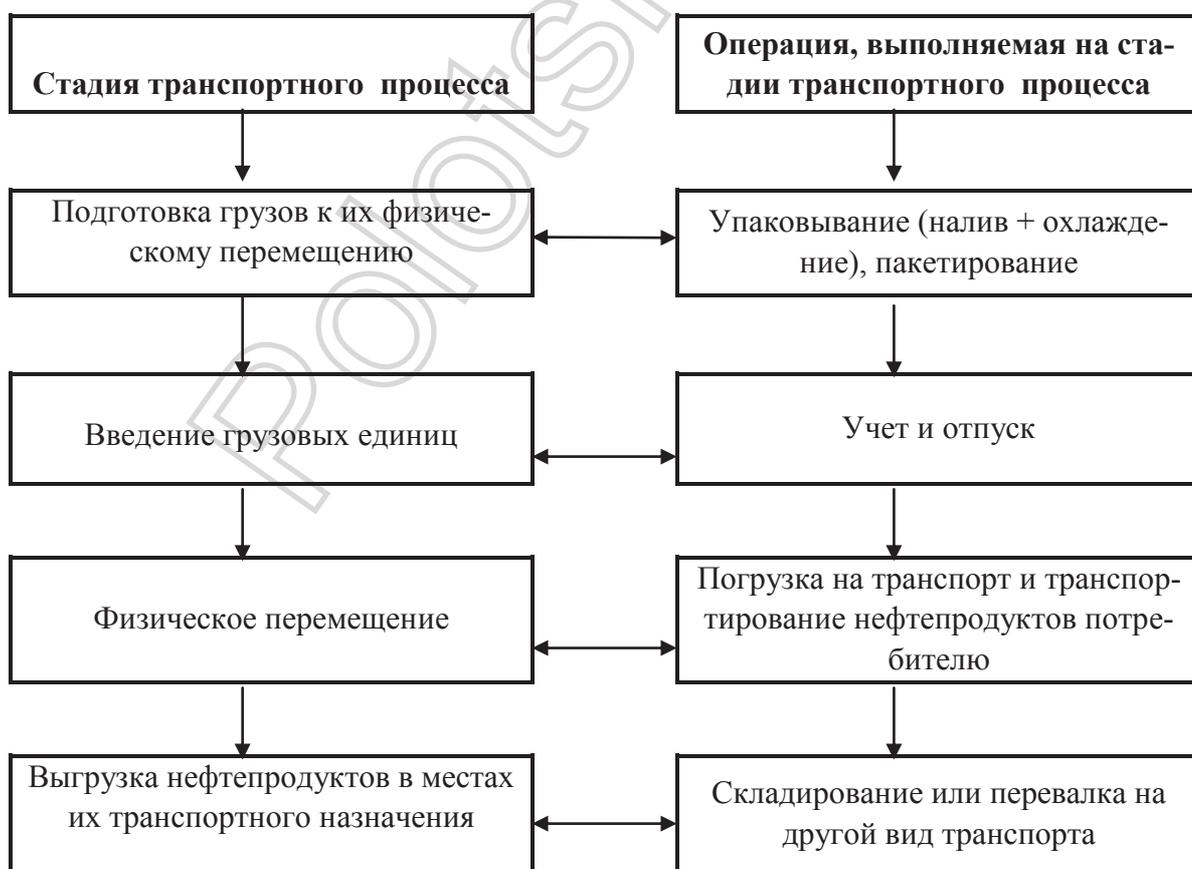


Рисунок 4.4 – Транспортный процесс твердых высокозастывающих нефтепродуктов

4.2 Создание технологии пакетирования битума и других твердых специальных высокозастывающих нефтепродуктов, упакованных в полиэтиленовую пленку

При разработке технологии и оборудования для упаковывания высокозастывающих нефтепродуктов учтено много различных факторов, в т.ч. тех, которые оказывают влияние на их транспортирование. К ним относятся: размер транспортного пакета и единичной упаковки, способ пакетирования, вид тары и упаковочного материала. При выборе размеров единичной упаковки битума, а, следовательно, и транспортного пакета необходимо учитывать противоречивые требования производителя, потребителя и перевозчика. Так, с увеличением размеров упаковки растет производительность установки упаковывания и, соответственно, труда заливщиков, уменьшается время погрузки-выгрузки битума при наличии необходимого подъемно-транспортного оборудования. Однако при этом увеличивают время охлаждения битума и габариты установки упаковывания. Кроме того, возникают большие проблемы и на остальных стадиях транспортного процесса. В связи с этим принято решение формировать укрупненную грузовую единицу из мелких упаковок.

Существуют следующие способы пакетирования – формирования укрупненных грузовых единиц из мелких упаковок:

- укладка без поддона, обвязывание лентой, проволокой или другим материалом;
- укладка на плоский поддон с обвязыванием;
- укладка в стоечный (ящичный) поддон;
- укладка на плоский поддон и скрепление растягивающейся пленкой;
- укладка без поддона и скрепление термоусадочной пленкой.

Выбор способа пакетирования зависит от формы и размеров упаковки, способности упаковочного материала сопротивляться термическим и механическим воздействиям, обеспечения максимального коэффициента использования площади стандартного поддона.

Международный опыт перевозки штучных грузов показывает, что наиболее рациональной считается грузовая единица с габаритными размерами 800×1200×1150 мм. Модульный размер отдельной упаковки груза международной организации по стандартизации ISO [92] рекомендует принимать равным 400×600 мм. Возможные деления модульного размера представлены на рисунке 4.5.

В результате проведенного анализа, принято решение, транспортный пакет с размерами в плане 800×1200 мм, формировать из двух упаковок: 1200×400 мм, и 800×600 мм или из трех: 400×800 мм в одном ряду.

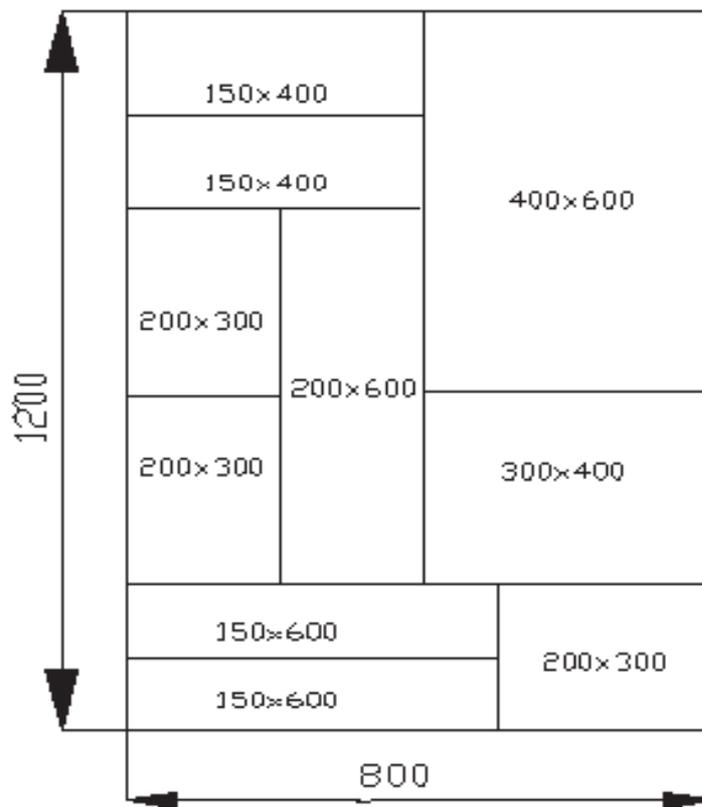


Рисунок 4.5 – Возможные деления модульного размера

При этом транспортный пакет из упаковок 400×800 мм будет более устойчив благодаря чередованию продольных и поперечных упаковок в соседних рядах по его высоте (рисунок 4.6).

Любой из перечисленных способов пакетирования состоит из двух операций – укладки (формирования) пакета и его скрепления. Использование ящичных поддонов и любых вариантов пакетирования с термоусадочной пленкой позволяет получить пакет высокой прочности, который невозможно разрушить при транспортной тряске и погрузочно-разгрузочных операциях. Однако эти варианты требуют больших затрат на изготовление тары и возврат поддонов в случае их неоднократного использования.

Невозвратную тару следует утилизировать после удаления из нее продукта, а многооборотная тара должна быть легкой, складной или вкладываться одна в другую, сохраняя при этом форму и прочность.

Необходимо, чтобы форма и размеры тары согласовывались с внутренними размерами транспортных средств, используемых для перевозки продукта.

Очевидно, что одновременное удовлетворение всем этим требованиям чрезвычайно затруднено.

Из анализа известных способов формирования транспортных пакетов для мелкофасованных битумов принято решение использовать два – укладку на поддон с обвязыванием и в термоусадочной пленке (с поддоном или без него) [20–А].

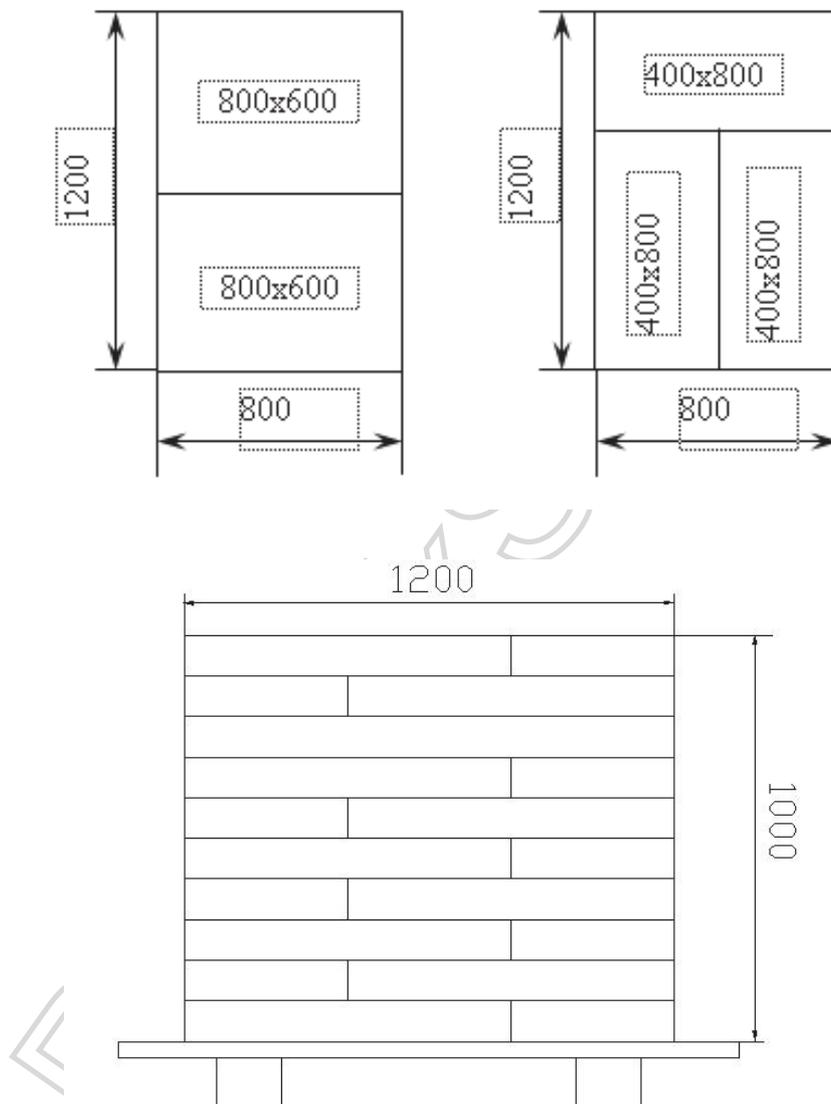


Рисунок 4.6 – Схема возможной укладки упаковок на стандартный поддон

Для реализации первого способа разработан поддон упрощенной конструкции, с обвязыванием полимерной лентой. На рисунке 4.7 представлена схема упрощенного поддона, а на рисунке 4.8 – транспортный пакет, сформированный на упрощенном поддоне.

При таком пакетировании твердый битум хорошо сохраняет форму, и нет необходимости использовать поддон со сплошным настилом.

Упрощенный поддон имеет меньшую массу, что снижает его стоимость и затраты на перевозку.

Надежную фиксацию блоков с продуктом в пакете обеспечивают тем, что обвязочную ленту укладывают в углубления между отдельными упаковками верхнего блока.

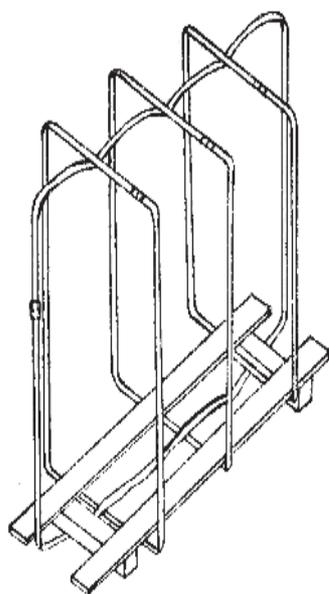


Рисунок 4.7 – Схема упрощенного поддона

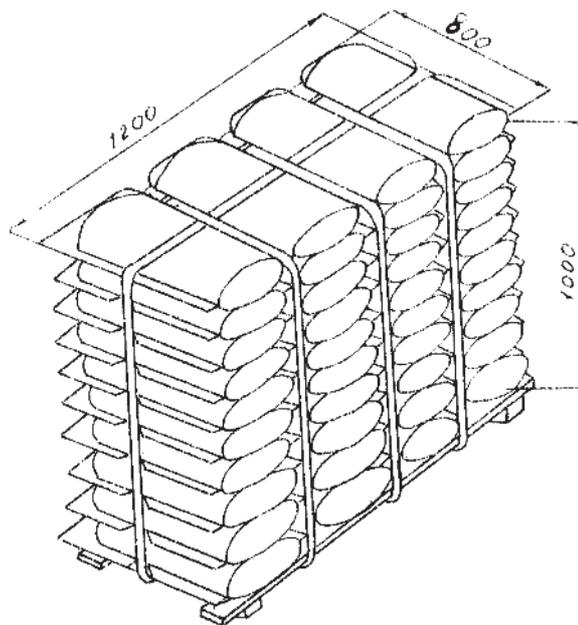


Рисунок 4.8 – Транспортный пакет из блоков битума на упрощенном поддоне

Наиболее экономичным способом формирования укрупненной грузовой единицы из более мелких упаковок (брикетов) битума в полиэтиленовой пленке является использование термоусадочной пленки без применения поддонов. Термоусадочная пленка практически не изменяет массы транспортного пакета с битумом, обеспечивая при этом его сохранность от загорания, хищения, от атмосферных осадков и загрязнения. Транспортный пакет в термоусадочной пленке можно грузить и выгружать с помощью кранов, вилочных погрузчиков и других подъемных механизмов. При отсутствии последних в отдаленных пунктах назначения пакет легко расформировать, разрезав пленку, и производить выгрузку брикетов вручную. Кроме того, в отличие от бумажной тары, термоусадочная пленка герметична, благодаря чему под воздействием высокой температуры и солнечных лучей брикеты битума и транспортные пакеты сохраняют свою форму.

В ряде случаев, для надежности и удобства выполнения операций на всех стадиях транспортного процесса, пакеты можно формировать и на поддонах, однако это дороже.

Экспериментально нами подтверждена возможность формирования транспортных пакетов битума с использованием термоусадочной пленки. Для этого стандартные объемные полиэтиленовые мешки вместимостью 50 л. заполняли битумом, из них формировали транспортный пакет на стандартном деревянном поддоне. Транспортный пакет с термоусадочной пленкой разместили в термоусадочной камере установки фирмы «Мюллерс», предназначенной для формирования транспортных пакетов из мешков с гранулированным полиэтиленом. При этом установлено, что кратковременное воздействие высокой температуры в термоусадочной камере не приводит к деформации и расплавлению мешков с битумом.

Экспериментально установлена высота транспортных пакетов при перевозке по железной дороге (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Высота транспортных пакетов при перевозке в вагонах

Объем вагона	Высота пакета при укладке		
	в один ярус	в два яруса	в три яруса
90 м ³	1800 мм	1150 мм	770 мм
120 м ³	1800 мм	1350 мм	900 мм

Экономические, энергетические и экологические показатели технологии упаковывания, транспортирования и подготовки к потреблению ВЗНП определяются также выбором упаковочного материала и вида тары [19].

Упаковочный материал должен, прежде всего, обеспечить сохранность продукта и его качества при перевозке и хранении. Для этого требуется достаточная прочность при воздействии транспортной вибрации и ударных нагрузок, атмосферных осадков, повышенной температуры и солнечной инсоляции. Кроме того, упаковочный материал должен быть химически нейтрален по отношению к продукту, а тара – легко и без потерь освобождаться от последнего.

Выводы по главе 4

1. Впервые предложена классификация высокозастывающих нефтепродуктов по новому классификационному признаку, а именно, участие высокозастывающих нефтепродуктов в транспортном процессе, и усовершенствован транспортный процесс битума и других специальных продуктов.

2. Анализ свойств нефтепродуктов, проведенный на основании разработанной классификации, показывает, что на организацию транспортного процесса основное влияние оказывают их физико-химические свойства: температура размягчения, температура каплепадения, температура плавления, пенетрация.

3. При разработке технологии и оборудования для упаковывания высокозастывающих нефтепродуктов необходимо учитывать различные факторы, в том числе те, которые оказывают влияние на их транспортирование – размер транспортного пакета и единичной упаковки, способ пакетирования, вид тары и упаковочного материала.

4. Транспортный пакет с размерами в плане 800×1200 мм можно формировать из двух упаковок: 1200×400 мм и 800×600 мм или из трех: 400×800 мм в одном ряду.

5. Наиболее экономичным способом формирования укрупненной грузовой единицы из более мелких упаковок (брикетов) битума в полиэтиленовой пленке является использование термоусадочной пленки без применения поддонов.

PolotskSU

ГЛАВА 5

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ УПАКОВЫВАНИИ БИТУМА

5.1 Экологические проблемы при использовании полиэтиленовой пленки для упаковки битумов

В 1950-е годы в промышленности и в быту началось повсеместное использование полиэтилена в качестве упаковочного материала. К этому времени относится и первая, очевидно, попытка упаковки битума в полиэтиленовую пленку, сделанная в Швеции, где предлагали заливать горячий битум в полимерную пленочную тару. Тара представляла собой мешок, изготовленный путем отрезания куска от рукавной пленки, на нижний конец которого наложен зажим. Открытый мешок подвешивали над ванной с водой и заполняли битумом. По мере наполнения мешка противовес поднимался, механизм подвески опускался, и мешок погружался в воду. Затем верх мешка закрывали зажимом и опускали в ванну. После охлаждения битума до затвердевания мешки извлекали из воды и отправляли на склад.

Недостатками этого способа являются ручные операции, сдавливание мешка водой и выдавливание битума при заливке, т.к. его плотность в горячем состоянии меньше плотности воды. Кроме того, мешки можно заполнять только последовательно, что не обеспечивает высокой производительности. При заполнении воздух производственных помещений загрязняется парами битума.

Патент Франции [12] предусматривает охлаждение битума на ленте конвейера в тонком слое, снятие его ножом и разрезание на куски, укладывание их друг на друга и оборачивание полученного брикета пленкой.

Битум на ленту наливают в несколько приемов, а охлаждение его производят орошением ленты конвейера снизу водой и наливанием тонкой пленки воды на поверхность битума. Затем битум сушат, обдувая его на конвейере воздухом. Для предотвращения налипания битума на ленту конвейера наносят антиадгезионную смазку. Для штабелирования кусков битума используют вакуумный захват, поворачиваемый шарнирным устройством на 90°.

Недостатками способа являются обводнение битума и дополнительные энергозатраты на его сушку, сложный механизм штабелирования, многостадийность процесса и загрязнение воздушной среды вредными парами.

Наиболее прогрессивной, из известных технологий упаковки битума в полиэтиленовую пленку, является технология, разработанная фирмой «Nynas» (Швеция).

Фирма «Sandvik» (Германия) по лицензии фирмы «Nynas» разработала и выпускает автоматизированную установку для упаковывания битума в полиэтиленовую пленку, основанную на способе его охлаждения до затвердевания перед размещением в таре [27]. Такую установку эксплуатируют с 1972 г. на НПЗ в г. Гетеборге (Швеция) [27], работает она и на Саратовском НПЗ (Россия).

По предлагаемой технологии жидкий битум с температурой 120...180°C подают непрерывно на стальную ленту конвейера. Лента шириной 1200 мм разделена на 3 дорожки четырьмя резиновыми продольными перегородками высотой 15 мм. Толщина слоя битума на ленте – около 9 мм, при этом время охлаждения до полного затвердевания составляет 5 минут.

Охлаждение производят в первой зоне водой или смесью воды с гликолем, имеющими температуру около +20 °С. Длина первой зоны составляет примерно 70% общей длины конвейера. Во второй зоне используют тот же хладагент с температурой +4 °С, который циркулирует через холодильную машину.

Охлаждающая жидкость разбрызгивается на нижнюю поверхность ленты конвейера. Сверху слой битума охлаждается воздухом, подаваемым вентилятором.

Перед подачей битума стальную ленту смазывают антиадгезионным средством – мыльным раствором или силиконовым маслом. Это облегчает снятие затвердевшего битума с ленты.

Полосы затвердевшего битума разрезаются нагретым ножом на куски длиной 800 мм, которые затем укладываются друг на друга, образуя блок. Блоки упаковывают в термоусадочную пленку, укладывают на поддоны вручную, автоматически или полуавтоматически. Масса битумных блоков – 25 кг, толщина пленки – 0,07 мм.

Охлаждение битума до полного затвердевания, снятие его слоя с ленты конвейера и резка на куски, использование холодильной машины, нагрев пленки в термоусадочной камере, транспортные операции требуют значительного расхода энергии. Кроме того, большое количество довольно сложного оборудования обуславливает высокие металлоемкость, стоимость и большие габариты установки. Для надежной работы установки требуются антиадгезионные материалы.

Производительность установки при односменной работе составляет 4 тонны/час, установленная мощность электрооборудования – около 290 кВт, занимаемая площадь (45×1,2 м²).

Эта технология также не лишена недостатков, наиболее серьезный из них – загрязнение воздушной среды.

Количество вредных паров, выделяющихся при охлаждении битума, зависит от его температуры и пропорционально площади открытой поверхности [22–А]. При охлаждении битума на ленте конвейера перед упаковыванием в полиэтиленовую пленку поверхность, приходящаяся на единицу массы битума, значительно больше, чем при упаковывании в бумажную тару. Расчеты выполнены для бумажного мешка диаметром 600 мм, вместимостью 200 кг, конвейера с лентой длиной 42 м и шириной 1,2 м и слоя битума толщиной 9 мм. Средняя плотность битума на конвейере принята равной 1000 кг/м³. Сопоставление этих величин и соответствующих им выбросов приведено в таблице 5.1.

Таблица 5.1– Количество паров, выделяющихся при охлаждении битума

Поверхность испарения, м ²	Масса битума, кг	Удельная поверхность, м ² /кг	Количество паров				Охлаждение
			с единицы поверхности, мг/см ²		на единицу массы битума, мг/кг		
			при 100°С	при 180°С	при 100°С	при 180°С	
0,283	200	0,0014	0,02	0,48 (0,7)	0,28	6,72 (9,8)	в бумажных мешках
50,4	453,6	0,1111	0,02	0,48 (0,7)	22,22	533,28 (777,7)	на ленте конвейера
Примечание. В скобках – данные Ново-Уфимского НПЗ для битума БН 90/10, остальные – для битума БН 70/30							

Количество паров, выделяющихся с единицы поверхности битума, для обеих технологий принято одинаковым. Однако на конвейере такое же выделение паров из битума, как и из бумажных мешков, происходит на значительном участке, пока охлаждение водой снизу не начнет влиять на температуру верхней пленки битума.

Температуру в слое битума, охлаждаемого на конвейере, лента которого снизу орошается водой, можно рассчитать на основании результатов изложенных в главе 2. При этом необходимо учитывать различные условия охлаждения на верхней и нижней поверхностях слоя битума, поскольку коэффициент теплоотдачи к воде существенно больше, чем к воздуху.

Рассчитаны критерии Bi и Fo для ряда значений x толщины пленки и времени τ охлаждения при допущении постоянства коэффициентов теплопроводности λ и температуропроводности битума.

Относительная температура θ в битуме на расстоянии x от поверхности – снизу и сверху – определена по графикам, приведенным в монографии А.В. Лыкова [73]. Теплопроводность битума принята $\lambda = 0,12$ Вт/(м×К), температуропроводность $a = 6 \cdot 10^{-8}$ м²/с [73].

Результаты расчетов приведены в таблице 5.2. Как видно из приведенных данных, за 2 минуты температура битума в слое толщиной 0,12 мм со стороны воздуха практически не изменяется, т.е. теплоотвод является односторонним. За это же время в середине слоя битум на ленте конвейера температура остается довольно высокой даже при увеличении интенсивности внешнего теплоотвода.

Таблица 5.2 – Температура битума в зависимости от условий охлаждения

Охлаждающая среда	Коэффициент теплоотдачи α , Вт/(м ² ·К)	Критерий		$Bi_x \sqrt{Fo_x}$	$\frac{1}{2\sqrt{Fo_x}}$	Относительная температура $\theta = \frac{t - t_0}{t_c - t_0}$	Температура, °С		
		$Bi_x = \frac{\alpha x}{\lambda}$	$Fo_x = \frac{a\tau}{x^2}$				битума начальная, t_0	охлаждающей среды, t_c	битума на расстоянии x , от поверхности
$x = 0,12$ мм; $\tau = 120$ с									
Вода	100	0,1	500	2,24	0,022	0,237	180	20	58
Воздух	10	0,01	500	0,224	0,022	0,87	180	20	160
$x = 1,2$ мм; $\tau = 120$ с									
Вода	100	1	5	2,24	0,22	0,38	180	20	81
Воздух	10	0,1	5	0,224	0,22	0,97	180	20	175
$x = 4$ мм; $\tau = 120$ с									
Воздух	100	3,33	0,45	2,23	0,74	0,81	180	20	150
Вода	1000	33,3	0,45	22,3	0,74	0,72	180	20	135

Увеличение интенсивности внешнего теплоотвода за счет повышения коэффициента теплоотдачи α_c до 1000 Вт/(м²·К) мало влияет на распределение температур в слое охлаждаемого битума, так как при $Bi_x \sqrt{Fo_x} > 20$ процесс можно считать автомодельным по этой величине.

Данные таблиц 5.1 и 5.2 показывают, что в течение двух минут (из пяти 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, т.е. 20,16 м².

С учетом этой поправки количество паров, выделяющихся из битума на конвейере, составит около 311 мг/кг, т.е. 0,4·777,7 (где 0,4 – доля общей поверхности битума на конвейере; 777,7 – выделения со всей поверхности, мг/кг). Это примерно в 30 раз больше количества паров, выделяющихся из битума в мешках.

Таким образом, внедрение технологии и автоматизированного оборудования фирмы «Sandvik» для упаковывания битума может привести к ухудшению экологической ситуации, т.е. к значительно большему загрязнению воздушной среды, чем при упаковывании в крафт-бумажную тару.

На основании анализа полученных результатов возникла необходимость в проведении расчетов по определению выбросов и оценке экологической ситуации, при использовании разработанной нами технологии упаковывания битума в полиэтиленовую пленку с существующей технологией упаковывания в крафт-бумажную тару.

5.2 Оценка загрязнения воздушной среды при использовании бумажной и полиэтиленовой тары для упаковывания битума

В тех способах, где после заливки горячего битума тару немедленно герметизируют [29, 6–А, 15–А, 93], загрязнение воздушной среды сводится к минимуму.

В предлагаемой технологии упаковывания битума в полиэтиленовую пленку во время заливки горячего битума заливочные патрубки находятся внутри герметичной тары. Объем вытесняемого из тары воздуха равен объему залитого битума, т.е. он невелик [23–А].

Обследование битумных установок, использующих бумажную и полиэтиленовую тару для упаковывания битума, проведено на ОАО «Нафтан» с привлечением специалистов и оборудования центральной экологической лаборатории завода.

К сожалению, определить концентрации бензапирена (БП) не имелось возможности. Поэтому определены концентрации в воздухе окиси углерода (СО) и суммарно углеводородов группы СН, для чего использовали газовую хроматографию по следующей методике.

Стеклянным шприцем отбирали пробу воздуха сразу после заливки битума в бумагу или полиэтиленовую тару, и вводили ее в хроматограф. В качестве газа-носителя использовали водород. В качестве сорбента использовали цветохром, газом носителем служил каталитически очищенный

воздух. Катализатор – окись никеля на цветохром - 3К. В схеме предусмотрены фильтрующие патроны для улавливания непредельных и ароматических углеводородов из газоанализатора УГ-2 и патрон с хлорноокислым магнием для улавливания кислородсодержащих соединений. Градуировка хроматографа произведена с помощью градуировочных смесей метана с воздухом с разным содержанием метана.

Для определения окиси углерода в воздухе использовали метод реакционной газовой хроматографии, который включает отделения метана и окиси углерода от воздуха на колонке с цеолитом, конверсию окиси углерода до метана на никелиевом катализаторе и детектирование пламенно-ионизационным детектором. Катализатор конверсии окиси углерода – нихромовая проволока марки Х20Н80, сорбент – цеолит СаА, газ-носитель – водород. Для градуировки хроматографа использовали аттестованные градуировочные смеси.

Концентрация вредных выбросов рассчитана по площади пиков на хроматограммах.

Результаты расчетов проведенных анализов представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Концентрации вредных веществ в воздухе при заливке битума

Вид тары	Фоновая концентрация		Концентрация при заливке битума	
	Σ СН мг/м ³	СО мг/м ³	Σ СН мг/м ³	СО мг/м ³
Бумажные мешки	1,4	0,3	11,1	10,6
Полиэтиленовая блочная тара	1,1	0,4	1,6	1,3

Средняя за время τ концентрация рассчитана по площади под кинетическими кривыми.

Валовые выбросы углеводородов определены по следующему уравнению:

$$П = \omega_{-p} \cdot S \cdot c_{cp} \cdot \tau, \quad (5.1)$$

где

ω_{cp} – средняя скорость испарения, м/с;

S – площадь поверхности испарения для крафт-бумажного мешка, м²;

c_{cp} – средняя концентрация вредных веществ в воздухе, мг/м³;

τ – время до достижения фоновой концентрации, с.

В расчетах использованы следующие значения величин:

$w_{\text{ср}} = 0,6 \text{ м/с}$; $\tau = 300 \text{ с}$; $S = \frac{\pi d^2}{4}$ – площадь поверхности испарения для крафт-бумажного мешка при $d = 0,6 \text{ м}$.

Удельные валовые выбросы рассчитаны из соотношения:

$$q = \frac{Г}{m}, \quad (5.2)$$

где

m – масса залитого битума, кг.

Как следует, из данных таблицы 5.3 использование разработанной технологии с применением полиэтиленовой тары для упаковывания битумов в 8 раз снижает концентрацию вредных веществ в воздухе по сравнению с бумажной тарой.

Проведенные исследования показывают, что по экологическим показателям разработанная технология и оборудование превосходит известные в настоящее время технические решения [24–А].

Выводы по главе 5

1. Пары, выделяющиеся из горячих битумов, содержат парафино-нафтеновые и полициклические ароматические углеводороды, среди которых наиболее канцерогенен бензапирен.
2. Концентрация бензапирена в парах, выделяющихся при розливе горячего битума в бумажные мешки, бочки, бункера и битумовозы, составляет $0,2 \dots 125 \text{ мг/м}^3$.
3. Технология упаковывания горячего битума в рукавную полиэтиленовую пленку позволяет сократить выброс вредных веществ в 8 раз на тонну битума.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

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

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–А – 13–А], 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–А, 6–А, 14–А]. Добавление $\leq 1\%$ полиэтилена 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% масс 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 застывания битума, тем быстрее формируется защитный слой;

– формирование защитного твердого слоя битума происходит быстрее при более низких температурах 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–А – 4–А, 9–А, 10–А].

5. Впервые разработана технология, позволяющая упаковывать высоkozастывающие нефтепродукты в полиэтиленовую пленку при температуре 140...170⁰С, превышающую температуру плавления упаковочного материала (103...110⁰С) [7–А, 8–А, 15–А – 17–А, 23–А, 24–А]. 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 выполненным договорам по лицензионным соглашениям с Республикой Польша и Российской Федерацией на сумму 50000 долларов США. Разработанные технологии и оборудование защищены охранными документами [18–А – 22–А], приложения [Щ, Э, Ю, Я, R, N, L]. За разработку и внедрение установки по упаковыванию битума на НПЗ «Тжебиня» (Республика Польша), Торуньским федеральным научным обществом, автор награжден дипломом II–ой степени [приложение S].

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 документация и пуску в промышленную эксплуатацию установок по упаковыванию битума на ОАО «Нафтан» (Республика 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).

Экономический эффект от внедрения технологии и оборудования по упаковыванию битума в полиэтиленовую пленку составляет 170 000 рублей в год на одну тонну битума.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Давлетьяров, Ф.А. Нефтепродуктообеспечение / Ф.А. Давлетьяров, Е. И. Зоря, Д.В. Цагарели; под ред. Д.В. Цагарели. – Москва: ИЦ «Математика», 1998. – 660 с.
2. О техническом нормировании и стандартизации: Закон Респ. Беларусь от 5 января 2004 г. № 262 – З. – Минск: Юрист, 2004. – 12 с.
3. Гун, Р.Б. Нефтяные битумы: учеб. пособие для рабочего образования / Р.Б. Гун. – Москва: Химия, 1989. – 152 с.
4. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справочник /И.Г. Аксимов [и др.]; под общ. ред. В.М. Школьников. – изд. 2-е перераб. и доп. – Москва: Издат. центр «Техинформ», 1999. – 596 с.
5. Фрязинов, В.В. Транспортирование и хранение нефтяных битумов: тематический обзор /В.В. Фрязинов, И.В. Грудников// Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья – Москва: ЦИИТЭНефтехим, 1981. – С. 23.
6. Перевезев, А.Н. Производство парафинов / А.Н. Перевезев, Н.Ф. Богданов, Ю.А. Рощин. – Москва: Химия, 1973. – 224 с.
7. Разработка эффективной системы охлаждения тугоплавких битумов перед затариванием в оболочки: отчет о НИР (заключ.) / Новополоц. политех. ин-т; рук. темы В. К. Липский. – Н., 1980.– 250 с. – № ГР 9328709.
8. Рекламный проспект фирмы «Sandvik Process Systems».– № Р – 0171.
9. Способ и устройство для затаривания битума в полиэтиленовую пленку: пат. 4137692 США, МКИ В 65В 63/08; опубл. 1.04.77//Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1977.
10. Способ и устройство для затаривания битума в полиэтиленовую пленку: пат. 1.448.246 Англия, МКИ В 65в, С 10с; опубл. 12.05.67 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1967.
11. Способ упаковки расплавленного материала в пленочные емкости: пат. 466985 Швейцарии, МКИ В 65в 9/04; опубл. 10.11.68 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1968.
12. Непрерывный способ производства блоков из жидкого битума: пат. 2.562.030 Франция, МКИ В 65в, С 10с; опубл. 4.10.85 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1985.
13. Способ упаковывания тугоплавких битумов в полимерную пленку и установка для реализации этого способа: пат. 905833 Бельгия, МКИ В 65Н. / Теряева.З.С., Липский В.К., Тетерук В.Г; заявитель Новополоц. политех. ин-т (СССР), – № а 217469; заявл. 28.11.1986; опубл. 1.06.1987//НКИ А 14 h 20.

14. Способ упаковывания тугоплавких битумов в емкости из полиэтиленовой пленки: пат. 905258 Бельгия, МКИ В 65В С 10С. / Теряева.З.С., Липский В.К., Шалаев С.С., Швед П.И; заявитель Новополоц. политех. ин-т (СССР), – № а 217034; заявл.11.081986; опубл. 11.02.1987//НКИ А 14 h 10.

15. Фрязинов, В.В. Зарубежный опыт хранения, затаривания и транспортирования битумов: тематический обзор /В.В. Фрязинов, Л.П. Смирнов, И.В. Грудников// Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – Москва: ЦИИТЭНефтехим, 1981. – С.18.

16. Анализ и выбор рациональных схем затаривания нефтегрузов в контейнеры: отчет о НИР / Новополоц. политех. ин-т; рук. темы В. К. Липский. – Н., 1980. – 90 с. – № ГР 78018791.

17. Способ и устройство для изготовления битумных блоков: пат. 667330 Бельгии, МКИ С 10 С 3/16; опубл.23.06.65 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1965.

18. Способ и установка для изготовления битумных блоков: пат. 1.435.386 Франции, МКИ В 65/В65д С; опубл. 25.10.70 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1970.

19. Способ и устройство для производства битумных блоков: пат. 2359760 ФРГ, МКИ С10с 3/14; опубл. 25.05.73 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1973.

20. Способ контейнеризации асфальта: пат. 4.335.560 США, МКИ В 65в, 63/08, В65в 3/04, В65, В35/50; опубл. 22.06.82 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1982.

21. Упаковка горячепластичных материалов в пленочную полимерную тару: пат. 3.564.808 США, МКИ В65в, 63/08, 3/06, 57/14; опубл. 23.11.71 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1971.

22. Установка для затаривания тугоплавкого битума в полимерную пленку: пат. 3638832 ФРГ, МКИ В 65 В G 3/08. /Липский В.К., Теряева.З.С., Тетерук В.Г; заявитель Новополоц. политех. ин-т. (СССР), – № а 3625385; заявл. 26.7.1986; опубл. 4.02.1988// НКИ А 14 h 20.

23. Способ и установка для упаковывания полутвердых продуктов в мешки: пат. 2.156.302А Великобритания, МКИ В65В 3/04; опубл. 9.10.1985.

24. Битумная композиция в упаковке: пат. 60.204.405 Япония, МКИ С 10с; опубл. 16.10.85. //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1985.

25. Непрерывный способ производства блоков из жидкого битума и приспособление для его осуществления: пат. 3.428.779 ФРГ, МКИ В 65в, С10с; опубл. 10.10.85 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1985.

26. Способ и устройство затаривания битума в полиэтиленовую пленку: пат. 4.627.224 США, МКИ В 65в, С10с; опубл. 9.12.86 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1986.

27. Способ и устройство для изготовления плавких блоков: пат. 83002972 Швеции, МКИ В 65в 9/10 /Л. Фэндрик; опубл. 21.01.83 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1983.

28. Способ механической формовки и упаковки парафинов и восков: пат. 27704 ГДР, МКИ С 10 д; опубл. 22.08.84 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1984.

29. Способ упаковки тугоплавких битумов в термопластичную пленку: а.с. 1535759 СССР, МКИ В 65в 9/10 /З.С.Теряева, В.К. Липский, С.С. Шалаев, П.И. Швед; Новополец. политех. ин-т.– № 470582; заявл. 15.06.88; опубл. 15.01.90 //Открытия. Изобрет. – 1990. – № 2. – С. 28.

30. Способ и устройство для производства битумных блоков штабелями: а.с. 2359760 ФРГ, МКИ С 10 с 3/14 /Wagus Hans; – № 2721445А1; заявл. 30.11.73; опубл. 12.05.77 //Патентный бюл. /Изобр. за рубежом. – 1977.

31. Установка для расфасовки и упаковки битума: а.с. 289963 СССР, МКИ В 65 в 9/10 / М.В.Синицын, И.М.Сидоров, В.А.Чухров, Д.Ф.Волкодав; Ростгипронефтехим. – № 413174; заявл. 20.10.69; опубл. 25.09.70 // Открытия. Изобрет. – 1970. – № 9. – С. 58.

32. Емкость для перевозки битума: а.с. 290304 СССР, МКИ. С10с 3/10, В 65 в 9/10 /М.В.Синицын, И.М.Сидоров, В.А.Чухров, Д.Ф.Волкодав; Ростгипронефтехим. – № 418165; заявл. 20.11.69; опубл. 25.10.70 // Открытия. Изобрет. – 1970. – № 10. – С. 25.

33. Кашеев, А.А. Нефтяное хозяйство / А.А.Кашеев, А.Н. Саханов. – Москва: Гостехиздат, 1962. – 120 с.

34. Руж, Г.И. Вязкость и пластичность нефтепродуктов / Г.И. Руж. – Москва: Гостоптехиздат, 1951.– 153 с.

35. Черников, В.И. Перекачка вязких и застывающих нефтей / В.И. Черников. – Москва: Гостоптехиздат, 1958. – 163 с.

36. Черников, В.И. Сооружение и эксплуатация нефтебаз / В.И. Черников. – Москва: Гостоптехиздат, 1955. – 250 с.

37. Губин, В.Е. Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов / В.Е. Губин., В.В. Губин. – Москва: Недра, 1982. – 296 с.

38. Губин, В.Е. Переход от структурного режима к турбулентному при течении вязкопластичных жидкостей в трубах / В.Е. Губин, Ю.В. Скрипников // Нефтяное хозяйство. – 1972. – № 8. – С. 59 – 62.

39. Григорян, Г.М. Подогрев нефтяных продуктов / Г.М. Григорян, В.И. Черников. – Москва: Гостоптехиздат, 1947.– 320 с.

40. Cawley, С.М. The Pumpability of Waxy Fuee Oil. The Post – War Expansion of the U.K. Petroleum Industry // The Institute of Petroleum.–1954.– 80 с.

41. Агапкин, В.М. Установившийся температурный режим трубопроводов с промежуточными тепловыми станциями и путевыми отборами

(поступлениями) нефти / В.М. Агапкин, В.А. Юфин // «Нефть и газ». – 1979. – № 7. – С. 57– 61.

42. Веденеев, Б.В. Трубопроводный транспорт горячего битума / Б.В. Веденеев, Н.В. Михайлов. – Москва: Гостоптехиздат, 1962. – 219 с.

43. Schwedoff, T. Recheches experimentales suz la coheston des ligudes / J de Phys. Et/ Radium. – 1890. –Vol. 9. – P. 34.

44. Bingham, E.C. Paint a plastic a material and not a viscous liguid / E.C. Bingham, H.S. // Green Proc. Amer. Soc. Testing Materials. – 1919. – Vol. 2. – № 19. – P. 640.

45. Bogue, D.C. Engineering Analysis of Not – Newtonian Fluids / D.C. Bogue, J.L. Write // Reports of ACARD – NATO. – 1970. – P. 103.

46. Сен Бенан Б. Об установлении уравнений внутренних движений, вызывающих в твердых телах за пределами упругости / Сен Бенан Б // Теория пластичности. – Москва: ИЛ, 1948 – 230 с.

47. Шульман, З.П. Одно феноменологическое обобщение кривой течения вязкопластичных реостабильных дисперсных систем / З.П. Шульман // Труды 3 Всесоюзного совещания по тепло - и массопереносу. – Минск. – 1968. – Т.10. – С. 3 – 10.

48. Голиков, Е.А. Маркетинг и логистика: учеб. пособие./ Е.А. Голиков – 2-е изд. – Москва: Издательский Дом «Дашков и К°», 2000. – 412 с.

49. Государственный комитет СССР по стандартам. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение: ГОСТ 1510-84. – Введ. 20.12.84 – Москва: Издательство стандартов, 1984 – 32 с.

50. Хранение нефти и нефтепродуктов: учеб. пособие /В.Н. Антипов, [и др.]; под общ. ред. Ю.Д. Земенкова. – Москва: Нефть и газ, 2003. – 560 с.

51. Проектирование и эксплуатация нефтебаз: учеб. пособие для вузов / С.Г. Едигаров [и др.]; под общ. ред. С.Г. Едигарова. – Москва: Недрa, 1982. – 260 с.

52. International Petroleum Times. – 1980. – № 11. – P. 17.

53. Зенинский, А.М. Экономика производства и применения нефтяных битумов / А.М. Зенинский, В.К. Тищенко. – Москва: Химия, 1977. – 320 с.

54. Бронштейн, И. С. Транспорт и хранение нефтепродуктов: тематический обзор / И.С.Бронштейн // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – Москва: ЦНИИТЭНефтехим, 1985. – С. 30 – 32.

55. Предложения по контейнеризации доставки нефтебитума и других высоковязких продуктов на замкнутых перевозках в смешенном железнодорожно-морском сообщении (на примере направления Владивосток-Петропавловск Камчатский): отчет о НИР / ПромстройНИИпроект; рук.темы И.И. Васильев – М., 1980. – 270 с. – № ГР 79076368.

56. Тихонова, М.М. Об экономической оценке эффективности гидроконтейнерного транспорта мазута: тематический обзор / М. М. Тихонова, В.К. Липский// Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья – Москва: ЦНИИТЭНефтехим, 1980. – С. 17.

57. Тихонова, М.М. Об экономической целесообразности внедрения контейнерного гидротранспорта нефтепродуктов в Новополоцком промышленном регионе: тематический обзор / М. М. Тихонова, В.К. Липский// Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья – Москва: ЦНИИТЭНефтехим, 1980. – С. 32.

58. Исследование гидротранспорта нефтепродуктов в эластичных оболочках по трубопроводу Полоцк-Вентспилс: отчет о НИР (промеж.)/ Новополоц. политех. ин-т; рук. темы В. К. Липский. Н., 1981. – 189 с. – № ГР – 7801891.

59. Исследование гидротранспорта нефтепродуктов в эластичных оболочках по трубопроводу Полоцк-Вентспилс: отчет о НИР (заключ.)/ Новополоц. политех. ин-т; рук. темы В. К. Липский. Н., 1982. – 131 с. – № ГР – 7801891.

60. Липский, В.К. О процессе теплопередачи при заливке расплавленного битума в полиэтиленовые емкости-контейнеры: тематический обзор /В.К. Липский, З.С. Теряева, Г.С. Рысев// Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья – Москва: ЦНИИТЭНефтехим, 1982. – С. 25.

61. Липский, В.К. Об экономической эффективности транспортирования вязких нефтепродуктов в контейнере по трубопроводам: тематический обзор / В.К. Липский, М.М. Тихонова, М.А. Бабенко// Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья – Москва: ЦНИИТЭНефтехим, 1982. – С. 18.

62. Белоусов, В.Б. Результаты промышленных экспериментов капсульного гидротранспорта нефтегрузов по нефтепродуктопроводу: тематический обзор / В.Б. Белоусов// Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья – Москва: ЦНИИТЭНефтехим, 1980. – С. 15.

63. Шварц, М.Э. Трубопроводная контейнерная гидротранспортная система: тематический обзор /М.Э. Шварц// Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья – Москва: ЦНИИТЭНефтехим, 1980. – С. 10.

64. Гилимьянов, Ф.Г. Исследование поведения полиолефиновых композиций в нефтепродуктах: тематический обзор /Ф.Г. Гилимьянов, Л.Д. Гракович, З.С. Теряева// Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья – Москва: ЦНИИТЭНефтехим, 1980. – С. 23.

65. Гунн, Р.Б. Нефтяные битумы. / Р.Б. Гунн. – Москва: Химия, 1989. – 147 с.

66. Грудников, И.Б. Производство нефтяных битумов / И.Б. Грудников. – Москва: Химия, 1983. – 195 с.
67. Chemical Market Reporter. – 1991. – № 18. – Р.19.
68. Шицкова, А.П. Охрана окружающей среды в нефтеперерабатывающей промышленности / А.П. Шицкова. – Москва: Химия, 1980. – 85 с.
69. Инвентаризация источников выбросов бенз (А) пирена на Мозырском НПЗ: отчет о НИР /Всесоюз. науч.-исслед. ин-т углеводородного сырья; рук. темы Г.М. Кавиев. – К., 1991. – 53 с. – № ГР 14836945.
70. Бактимирова, Т.Г. Нефтепереработка и нефтехимия / Т.Г. Бактимирова . – Москва: Химия, 1999. – 62 с.
71. Материалы межотраслевого совещания «Проблемы производства и применения нефтяных битумов и композитов на битумной основе», г. Саратов, 28–29 марта 2000.г / Ассоциация нефтепереработчиков России. – 2000. – 159 с.
72. Государственная система стандартизации Республики Беларусь. Методические указания по расчету валовых выбросов вредных веществ в атмосферу для предприятий нефтепереработки и нефтехимии: РД РБ 17–1989. – Введ. 01.02.90. – Минск: Госстандарт: Белорус. Гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1990. – 30 с.
73. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В.Лыков. – Москва: Высшая школа, 1967.– 600 с.
74. Кутателадзе, С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: справочное пособие / С.С. Кутателадзе. – Москва: Энергоиздат, 1990. – 367 с.
75. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – Ленинград: Химия, – 1976. – 720 с.
76. Исаченко, В.П. Теплопередача: учеб. пособие для вузов: перераб. и доп. / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – Москва: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
77. Кондратьев, Г.М. Регулярный тепловой режим / Г.М. Кондратьев. – Москва: Гостехиздат, 1954. – 420 с.
78. Теплотехника: учеб. пособие для вузов / В.Н.Луканин, [и др.]; под общ. ред. В.Н. Луканина. – Москва: Высшая школа, 2000. – 671 с.
79. Резников, А.Н. Тепловые процессы в технологических системах: учеб. пособие для вузов / А.Н. Резников, А.А. Резников. – Москва: Машиностроение, 1990. – 288 с.
80. Фарамазов, С.А. Комплексная механизация и автоматизация производства твердых нефтяных битумов / С.А. Фарамазов. – Ленинград: Гостехиздат, 1963. – 136 с.

81. Розенталь, Д.А. Повышение качества строительных битумов: тематический обзор / Д.А. Розенталь // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья – Москва: ЦИИТЭНефтехим, 1976. – С. 24.
82. Masson, K.F., Polomark G.M. Bitumen microstructure by modulated differential scanning calorimetry / K.F. Masson, G.M. Polomark // *Thermodynamica Acta*. 2001. – Vol.374. – № 2. – P. 105 – 114.
83. Abraham H, Asphalt and Allied substances, 5th ed, vol. 2, 1945h.
84. Веребьско, О.О. Реологические свойства окисленных и остаточных битумов /О.О. Веребьско// Автолюб., дорож., дор. буд-во респ.: наук-техн. Зб., 1978 –№ 22. – С. 43 – 45.
85. Установка для грануляции и брикетирования битума: а.с. 147852 СССР, МКИ В 25/15 С04в /Р.А. Гаралевичус; Науч. иссл. ин-т по тр. и хр. нефти и нефтепродуктов. – № 220825; заяв. 19.04.67; опубл. 30.09.68 //Патентный бюл. /Изобр. в СССР. – 1968.
86. Потеминская, И.В. Вопросы технологии изготовления битумно-полимерных мастик / И.В Потеминская // Науч. тр. Акад. коммун. Хозяйства, 1977. – № 17. – С. 28 – 93.
87. Золотарев, В.А. Влияние структуры и технологии получения битумов на их реологические свойства / В.А. Золотарев, Е.А. Веребская // Машины и технологические переработки каучуков, полимеров и резиновых смесей. – Ярославль, 1978. – №1. – С. 62 – 68.
88. Способ упаковывания тугоплавких битумов в термопластичную пленку: пат. 1535759 СССР, МПК 5 В 65 В 9/10 / З.С. Теряева, В.К. Липский, С.С. Шалаев, П.И. Швед; заявитель Новополоц. политех. ин-т. – № а 1472481; заявл. 23.12.85; опубл. 15.09.89 // Открытия. Изобрет./ Госкомизобретений. – 1990. – № 2. – С. 189.
89. Агапкин, В.М. Трубопроводный транспорт мазута / В.М Агапкин. – Москва: Недра, 1986. – 138 с.
90. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов: учеб. пособие для вузов / П.Н. Тугунов [и др.]; под общ. ред. А.А. Коршак – Уфа: ООО «Дизайн – Полиграф Сервис», 2002. – 656 с.
91. Справочник химика / Б.П. Никольский [и др.]; под общ. ред. Б.П. Никольского.– 2-е изд., перераб. – М–Л.: Химия, 1968 – 6 т. – 1012 с.
92. Упаковка. Грузовые единицы. Размеры: Междунар. стандарт ИСО 3676-83 // НТРС. – 1983. – Сер. 5, Вып. 3. – С. 12 – 147.
93. Устройство для затаривания тугоплавких битумов в полимерную тару: а.с. 958234 СССР, МКИЗ В 65 В 9/10 / Г.С. Рысев, З.С. Теряева, В.К. Липский, В.И. Коробко, К.К.Суботин; Новополоц. политех. ин-т. – № 3250885/28-13; заявл. 12.12.80; опубл. 18.09.82 // Открытия. изобрет. – 1982. – № 34. – С. 25.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1–А. 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–А. 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–А. 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–А. 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–А. 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–А. 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–А. 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–А. 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.

9–А. 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–А. 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–А. 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–А. 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. 163 – 164.

13–А. Коваленко, П.В. Особенности транспортного процесса высокозастывающих 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–А. 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–А. 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–А. 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–А. Коваленко, П.В. Экологические проблемы упаковывания битума / П.В. Коваленко // Материалы XXXX НТК преподавателей и студентов УО «ВГТУ». – Витебск, 2007. – С. 120.

18–А. 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–А. 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–А. 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.

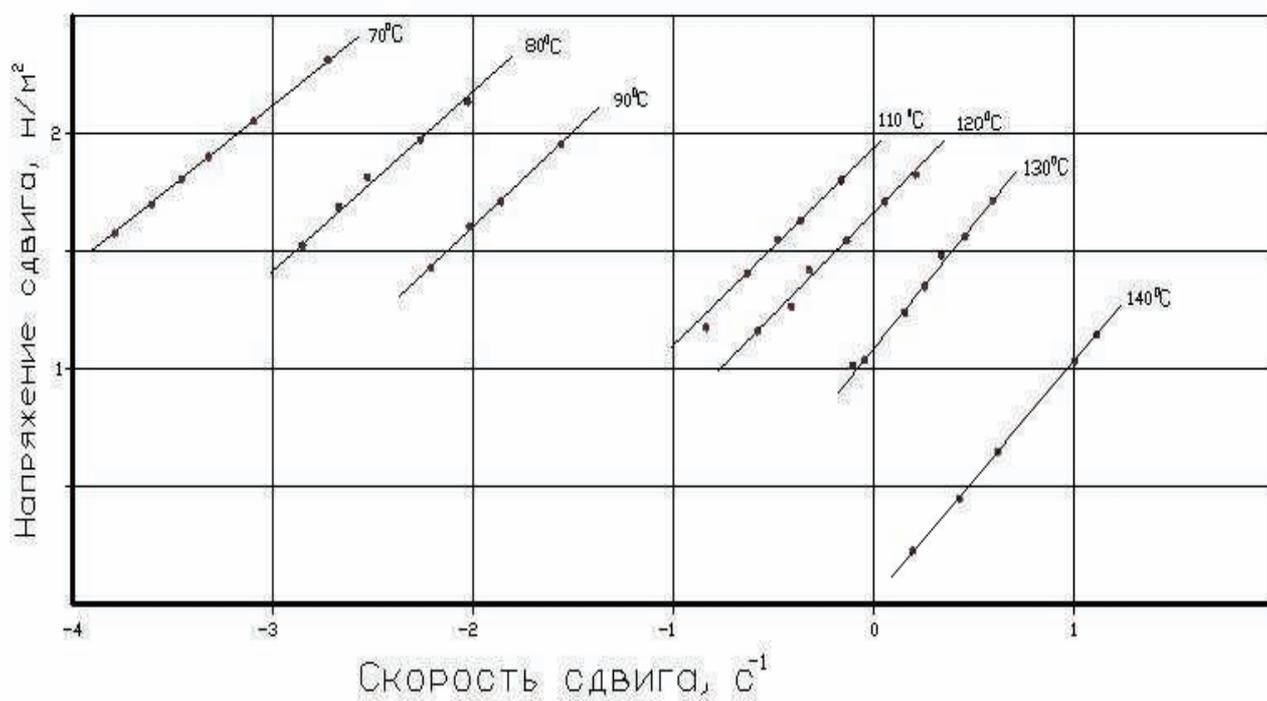
21–А. Способ изготовления плит парафина: пат. 1575498 Респ. Беларусь, МПК5 В 29 С 43/02, 39/02 / З.С. Теряева, П.В.Коваленко, В.К. Липский; заявитель Новополоц. политех. ин-т. – № а 4341037; заявл. 17.11.87; опубл. 18.11.1993 // Официальный бюл. / Роспатент. – 1993. – № 12. – С. 45.

22–А. Устройство для упаковывания парафина: а.с. 1830864 СССР, МКИ5 В G В 9/10 /П.В.Коваленко, З.С. Теряева, В.К. Липский; Новополоц. политех. ин-т. – № 4705592; заявл. 15.06.89; опубл. 13.10.92 // Открытия. изобрет. – 1993. – № 45. – С. 28.

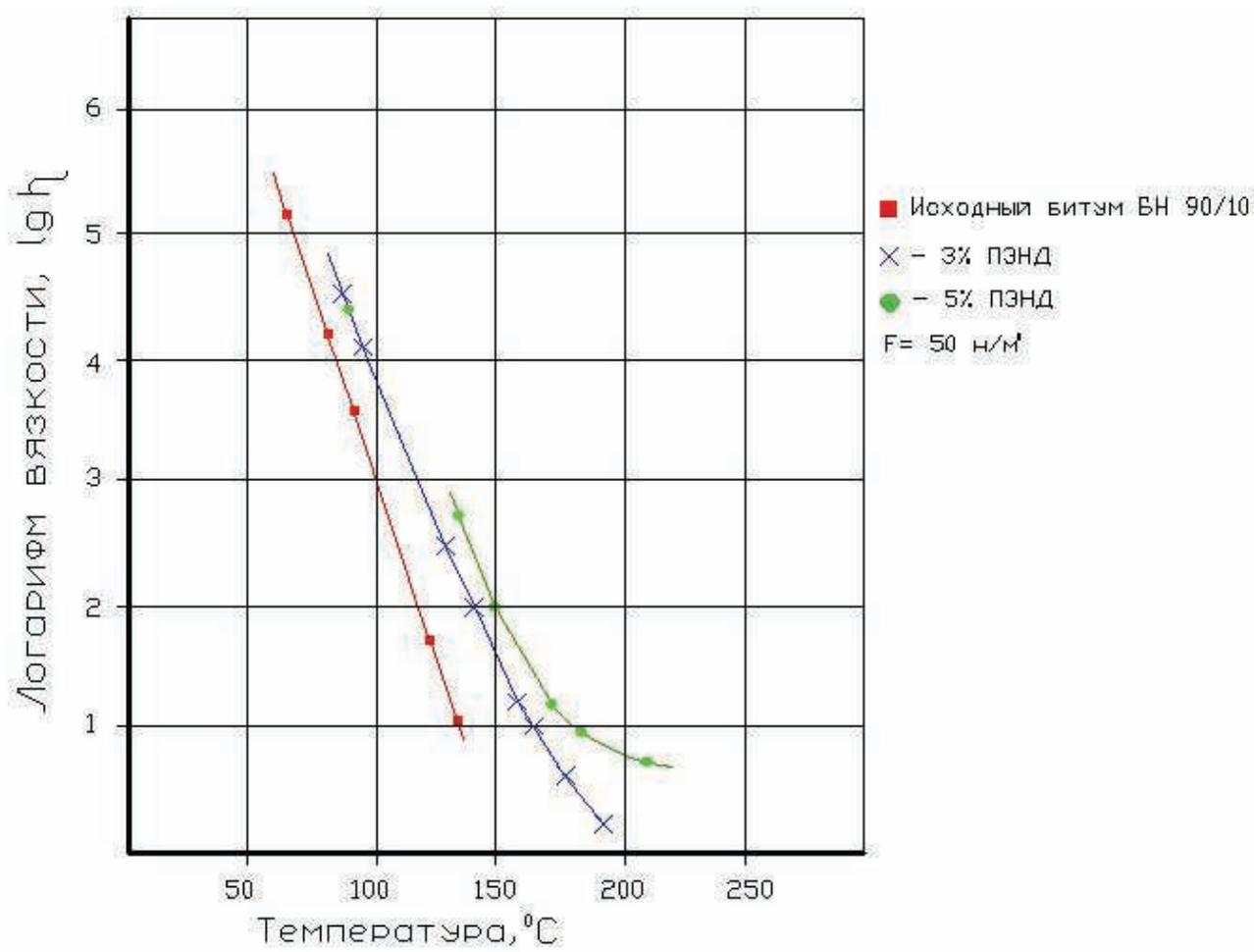
ПРИЛОЖЕНИЯ

PolotskSU

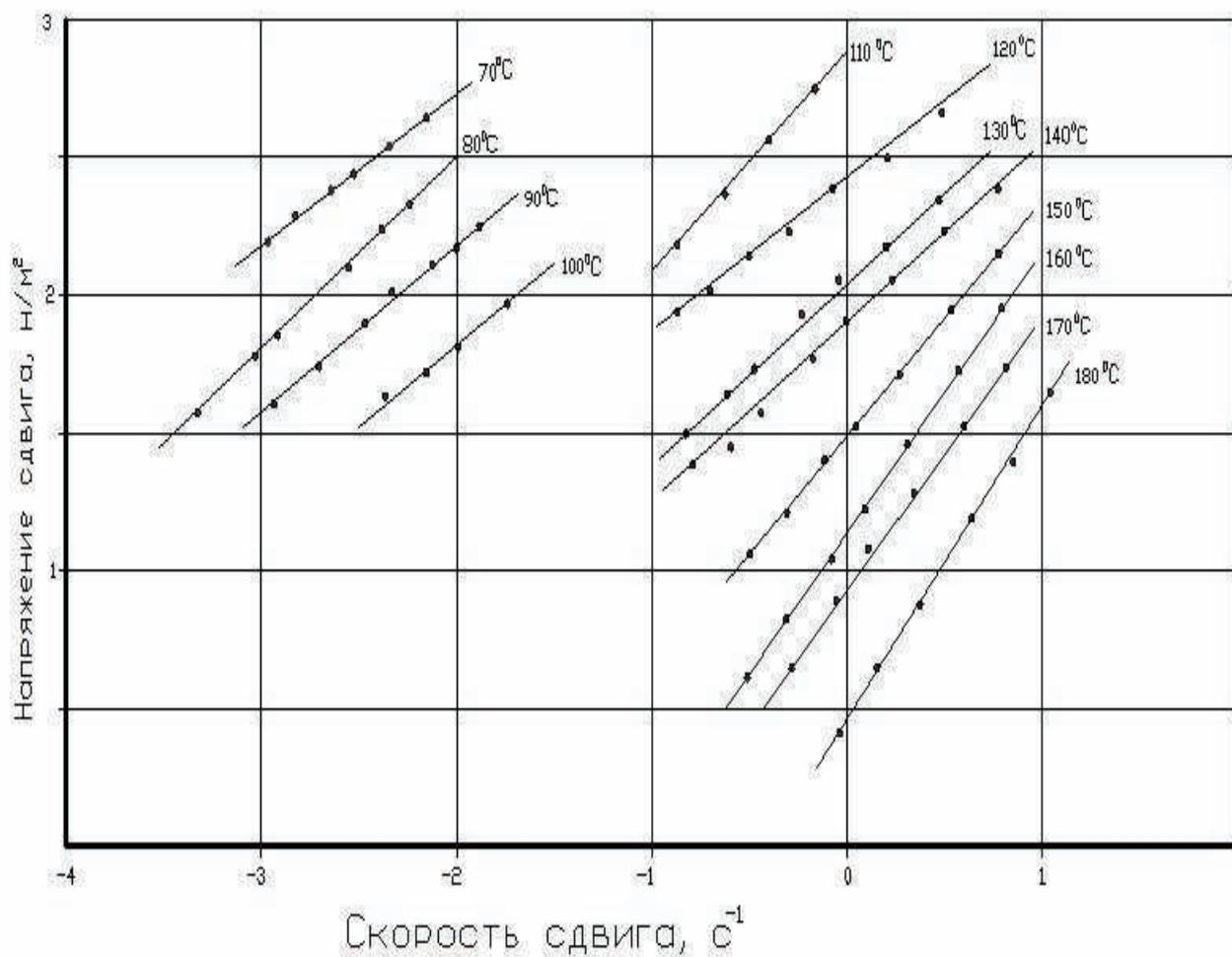
Реологическая зависимость битума марки БН 90/10 в логарифмических координатах



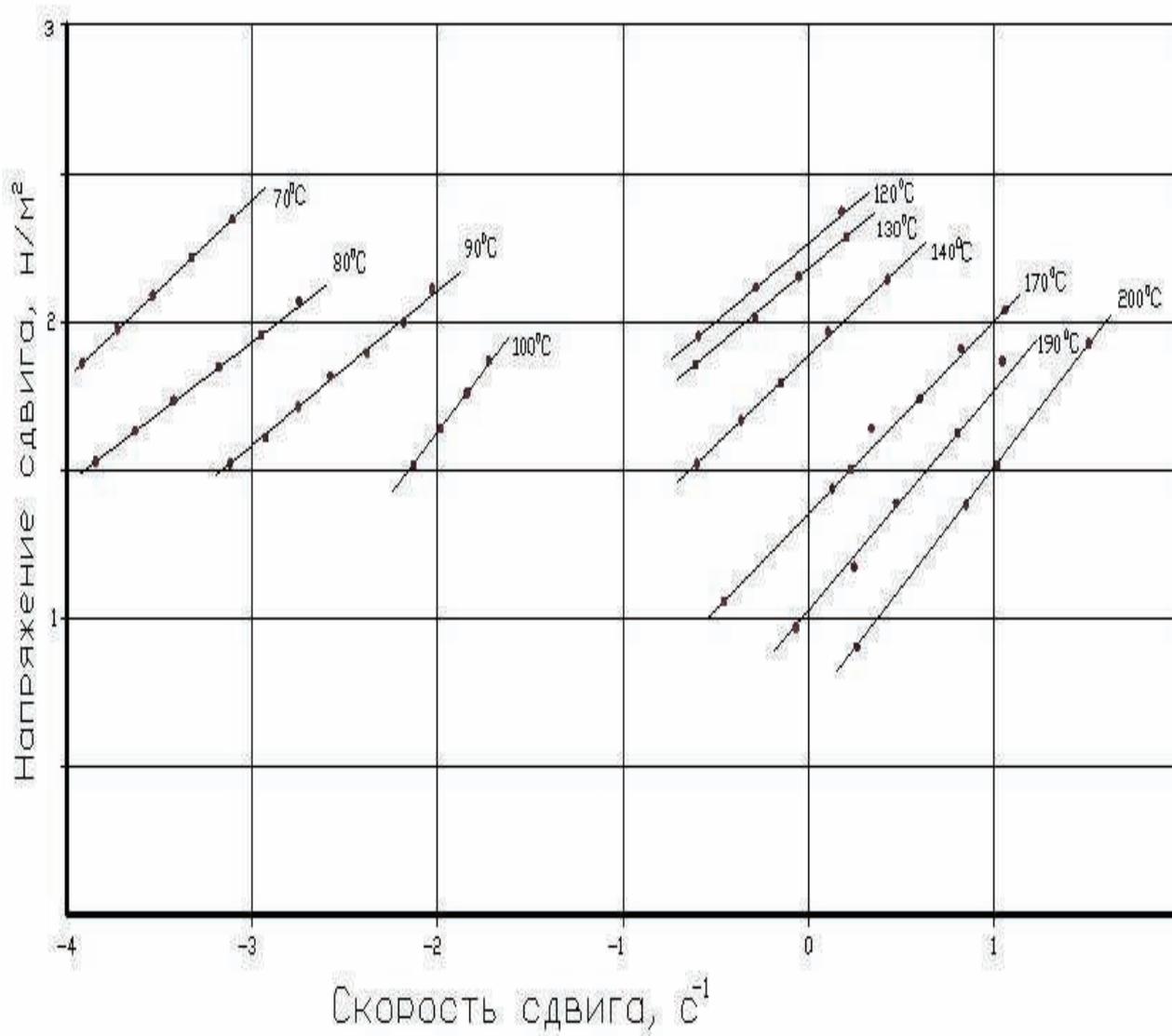
Зависимость динамической вязкости битума БН 90/10 и битумно-полимерных композиций от температуры



Реологическая зависимость битумно-полимерной композиции с 3% ПЭВД в логарифмических координатах



Реологическая зависимость битумно-полимерной композиции с 5% ПЭВД в логарифмических координатах

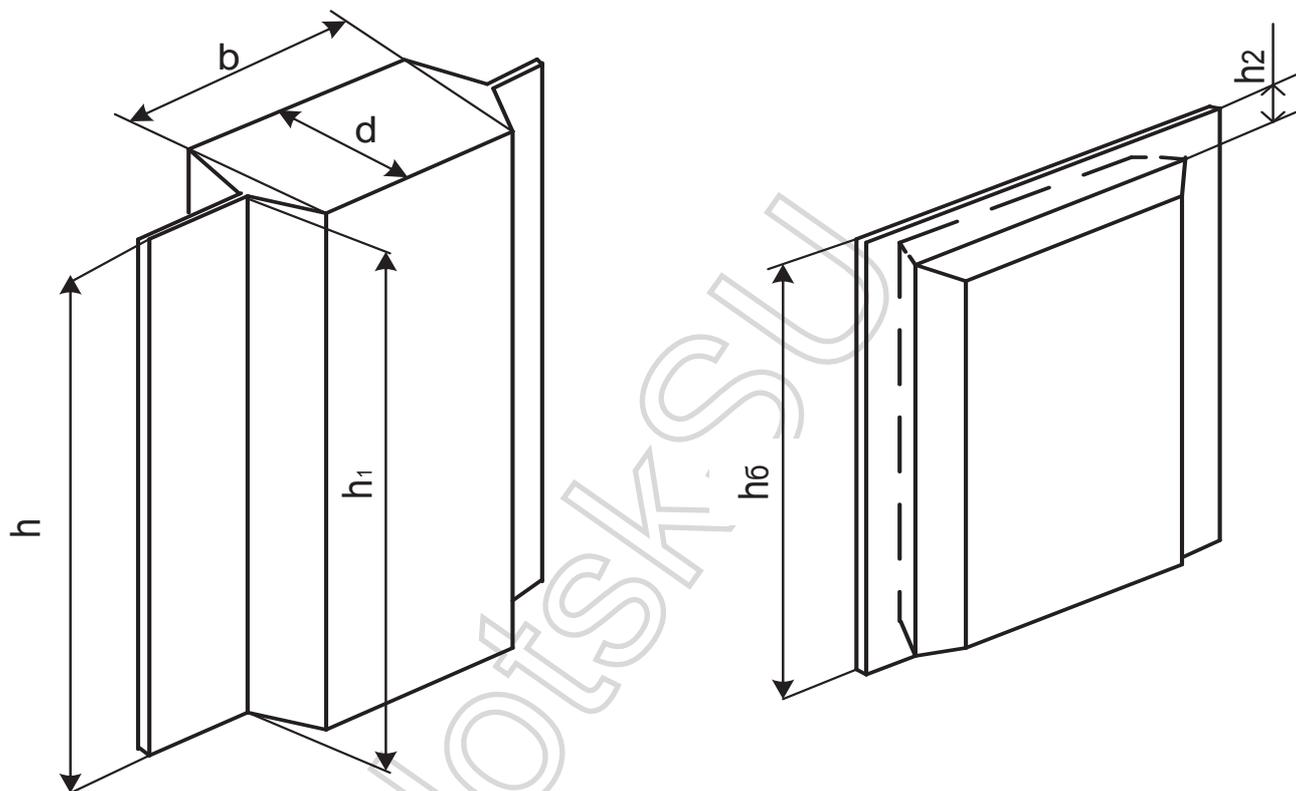


PolotskSU

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Расчет размеров полиэтиленовой оболочки, брикета битума и расхода полиэтиленовой пленки

По технологии упаковывания битума в полиэтиленовую пленку единичная упаковка имеет размеры и форму представленную на рисунке.



Размеры и форма брикета битума

На рисунке изображена раздутая воздухом полиэтиленовая оболочка во время заливки битума, и после заварки верхней ее части.

Исходные данные для расчета:

1. Масса битума в брикете $M = 10$ кг.
2. Плотность битума $\rho = 1000$ кг/м³.
3. Ширина рукавной пленки $b_p = 600$ мм.
4. Толщина пленки $\delta = 120$ мкм.
5. Плотность полиэтилена $\rho_{пэ} = 920$ кг/м³.

Расчет

1. Принимаем толщину брикета (оболочки) $d = 100$ мм.
2. Высота прямоугольной части:

$$h_1 = \frac{2 \cdot b_p - \pi \cdot d}{2} = \frac{3 \cdot 600 - 3,14 \cdot 100}{2} = 443 \text{ мм}$$

3. Высота оболочки:

$$h = h_1 + 2 \cdot \frac{d}{2} = 443 + 100 = 543 \text{ мм}$$

4. Объем битума в брикете (оболочке):

$$V_6 = \frac{M}{\rho} = \frac{10}{1000} = 0,01 \text{ м}^3 = 10^7 \text{ мм}^3$$

5. Площадь поперечного сечения оболочки, заполненной битумом (площадь верхней половины круга не учитывается):

$$f = l \cdot h_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 100 \cdot 443 + 0,392 \cdot 100^2 = 4,82 \cdot 10^4 \text{ мм}^2$$

6. Ширина прямоугольной части брикета:

$$b = \frac{V_6}{f} = \frac{10^7}{4,82 \cdot 10^4} = 208 \text{ мм}$$

Переходы оболочки перед сварными швами в объеме не уточнены (идут в запас).

7. Ширину заготовки (между швами) полиэтиленовой пленки для изготовления оболочки принимаем с учетом переходов $b_3 = 320$ мм.
8. Принимаем ширину швов между оболочками $b_1 = 30$ мм; по краям блока ширина шва составляет 15 мм.
9. Общая длина полиэтиленовой рукавной пленки, необходимая для изготовления блока из четырех оболочек (для затаривания 40 кг битума):

$$L_0 = 4 \cdot b_3 + 2 \cdot b_1 + 2 \cdot \frac{b_1}{2} = 4 \cdot 320 + 2 \cdot 30 = 1300 \text{ мм} = 1,3 \text{ м}$$

10. Высота оболочки (блока и брикета) после сваривания ее верхней части:

$$h_b = h_1 + \frac{l}{2} + 0,5 \cdot \frac{\pi \cdot d}{2} = 443 + 100 + 78 = 621 \text{ мм}$$

11. Расход полиэтилена на затаривание 1 т битума:

$$M_{\text{пэ}} = \rho_{\text{пэ}} \cdot \frac{1000}{40} b_p \cdot L_0 \cdot 2\delta = 920 \cdot 25 \cdot 0.6 \cdot 1.4 \cdot 2 \cdot 0.12 \cdot 10^{-3} = 1,65 \text{ кг}$$

12. Суточная потребность в полиэтиленовой пленке (при двухсменной работе):

$$M_c = 1,65 \cdot 0,6 \cdot 16 = 14,5 \text{ кг}$$

Из расчетов видно, что добавка полиэтилена к массе битума составляет менее 1 %. Это значит, что полученная битумно-полимерная композиция будет иметь лучшие свойства относительно исходного битума.

PolotskSU

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Пример расчета параметров опытно-промышленной установки (технологического процесса) по упаковыванию битума и других специальных высокозастывающих нефтепродуктов в полиэтиленовую пленку

Исходные данные:

Начальная температура заливаемого битума	$t_0 = 180^\circ\text{C}$
Температура охлаждающей воды	$t_c = 14,5^\circ\text{C}$
Конечная температура битума в центре брикета (при охлаждении до температуры теплостойкости полиэтилена)	$t_k = 127^\circ\text{C}$
Размер брикета массой 10 кг	0,54x 0,21x0,1м.
Температура теплостойкости полиэтилена низкого давления высокой плотности	$t = 127^\circ\text{C}$

1. Определяем относительную, избыточную температуру на границе защитного слоя битума по уравнению 2.19:

$$\theta = \frac{127 - 4,5}{180 - 4,5} = 0,679$$

2. Определяем значение критерия Fo по уравнению 2.20:

$$Fo = 0,5$$

3. Определяем время пребывания тары с залитым битумом в форме для формирования слоя битума толщиной 3 мм по уравнению 2.21:

$$\tau = \frac{0,5 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^2}{6 \cdot 10^{-7}} = 15, c$$

4. Рассчитывается коэффициент формы по уравнению 2.22:

$$K = \frac{1}{\left(\frac{3,14}{0,54}\right)^2 + \left(\frac{3,14}{0,21}\right)^2 + \left(\frac{3,14}{0,1}\right)^2} = 3,04 \cdot 10^{-7}, m^2$$

5. Находим темп охлаждения битума в поверхностном слое по уравнению 2.23:

$$m_\infty = \frac{6 \cdot 10^{-7}}{8,04 \cdot 10^{-7}} = 7,46 \cdot 10^{-1}, c^{-1}$$

6. Определяем время пребывания брикета битума в воде по уравнению 2.24:

$$\tau = \frac{\ln(180 - 4,5) - n(127 - 4,5)}{7,46 \cdot 10^{-4}} = 4,4$$

7. Определяем необходимую длину охлаждающей ванны по уравнению 2.25, исходя из того, что технологический цикл упаковывания битума составляет 4 минуты. Тогда количество упаковок, которые будут находиться в ванне равно 21 шт.

$$L = 21 \times 0,54 + 0,5 \approx 12 \text{ м.}$$

PolotskSU

ЛИЦЕНЗИОННОЕ СОГЛАШЕНИЕ

№. SU 502/0027242/13010 - 1

Настоящее соглашение заключено между республиканским расчетным внешнеторговым объединением "БЕЛОРУСИНТОРГ", г.Минск, СССР, именуемым в дальнейшем "Лицензиар", с одной стороны, и Внешнеторговым Предприятием "Центрозап" Обществом с О.О., Катовице, ПР, именуемым в дальнейшем "Лицензиат", с другой стороны.

Принимая во внимание, что;

1) Новополоцкий политехнический институт Министерства народного образования БССР, именуемый в дальнейшей «Изобретатель», обладает знаниями и опытом в области технологии затаривания битума в полиэтиленовую пленку и проектирования оборудования для осуществления технологии;

2) «Изобретателю» принадлежат авторские свидетельства, патенты и патентные справки, перечисленные в приложении №1 к настоящему соглашению;

3) Лицензиару предоставлено изобретателем право на ведение от своего имени переговоров о предоставлении лицензии на использование упомянутых патентных прав, знаний и опыта с целью осуществления «Процесса», проектирования, производства, и использования "Установки" и на заключение соответствующих соглашений;

4) Лицензиат желает приобрести на условиях настоящего соглашения лицензию на использование указанных патентных прав, знаний, опыта с целью осуществления "Процесса", проектирования и изготовления «Установки» и производства «Продукции по лицензии».

Стороны договорились о нижеследующем:

Статья 1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Следующие термины, которые используются в настоящем соглашении, означают:

1.1. «Продукция по лицензии» - продукты нефтепереработки, упакованные в полиэтиленовую пленку с помощью «Процесса» и «Установки».

1.2. «Процесс» технологический процесс для получения «Продукции по лицензии».

1.3. «Установка» - комплект оборудования для осуществления «процесса», технические характеристики которого указаны в Приложении №3

1.4 «Ноу-хау» - знания, опыт, секреты производства, необходимые для

осуществления «Процесса», проектирования «Установки» и получения «Продукции по лицензии».

1.5. «Техническая документация» - техническая документация согласно Приложению № 2, необходимая для осуществления «Процесса», проектирования и изготовления «Установки» и получения «Продукции по лицензии».

1.6. «Территория» - Польшая Республика.

1.7. «Начало коммерческого производства» - дата получения первой партии «Продукции по лицензии» для целей, указанных в статье 2.

Статья 2. ПРЕДМЕТ СОГЛАШЕНИЯ

2.1. Лицензиар за вознаграждение, предусмотренное статьей 5 настоящего соглашения, передает Лицензиату «Техническую документацию» и предоставляет Лицензиату исключительное право на изготовление одной «Установки» производительностью до 2400 тонн «Продукции по лицензии» в год на «Территории» на период до «Начала коммерческого производства» и неисключительное право на использование технологии, «ноу-хау», осуществление «Процесса» и использование этой «Установки» с даты «Начала коммерческого производства».

2.2. Лицензиат не вправе осуществлять «Процесс» вне «Территории», за исключением случаев, когда Лицензиар даст Лицензиату на это письменное согласие.

2.3. Лицензиат имеет право на осуществление производственной кооперации с организациями стран Лицензиата при проектировании и изготовлении «Установки». При этом Лицензиат несет полную ответственность за выполнение всех обязательств по настоящему соглашению.

2.4. Лицензиат передаст Лицензиару комплект проектной документации на «Установку» изготовленную специалистами Лицензиата на основе «Технической документации», в течение 1 месяца с даты пуска «Установки» в эксплуатацию для осуществления авторского надзора, а также с целью ее реализации в СССР и за рубежом (в том числе на «Территории» стран «Начала коммерческого производства»).

2.5. Лицензиат имеет право на использование «Продукции по лицензии» без каких-либо ограничений.

Статья 3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

3.1. «Техническая документация», необходимая для изготовления и эксплуатации «Установки», перечисленная в Приложении № 2 к настоящему соглашению передается Лицензиаром: Лицензиату в г. Минске в 3 экземплярах на русском языке в течение 6 месяцев со дня вступления силу настоящего соглашения.

3.2. О передаче «Технической документации» составляется приемо-сдаточный акт за подписями уполномоченных представителей Лицензиара и

Лицензиата.

Если уполномоченный представитель Лицензиата не явится в срок, установленный для передачи, то Лицензиар направит в течении 15 дней документацию авиапочтой за счет Лицензиата.

Датой передачи документации будет дата подписания приемо-сдаточного акта или дата штампа на авианакладной

3.3. «Техническая документация» изготавливается в соответствии с нормами и стандартами страны: Лицензиара.

«Техническая документация» должна включать расшифровку условных обозначений, отраслевых и заводских норм, на которые делаются ссылки в этой «Технической документации».

3.4. Если Лицензиат при передаче документации или при пуске «Установки» в эксплуатацию выявит неполноту «Технической документации», то в течение одного месяца после поступления письменной рекламации Лицензиата Лицензиар передаст недостающую документацию или исправит частичные недостатки в «Технической документации».

3.5. Лицензиат может размножить «Техническую документацию» для своих нужд, но при соблюдении конфиденциальности.

Статья 4. ГАРАНТИИ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.

4.1. Лицензиар гарантирует, что объем и качество «Технической документации» позволят Лицензиату изготовить «Установку», осуществить «Процесс» и наладить получение «Продукции по лицензии», в то время как Лицензиат гарантирует качественное осуществление «Процесса» и изготовление «Установки» и «Продукции по лицензии» в соответствии с указанной документацией.

4.2. Лицензиар гарантирует комплектность, правильность и качественное изготовление «Технической документации».

4.3. Ответственность Лицензиара по любым искам или претензиям, вытекающим из настоящего соглашения или связанным с его исполнением, ограничивается суммой фактически полученными Лицензиаром.

Статья 5. ПЛАТЕЖИ

5.1. В качестве возмещения за предоставление прав, предусмотренных настоящим соглашением, и за передачу «Технической документации» и/или «ноу-хау» Лицензиат уплачивает Лицензиару вознаграждение в размере 20 000 (двадцать тысяч) долларов США, из которых:

а) 5000 (пять тысяч) долларов США Лицензиат уплачивает Лицензиару путем телеграфного перевода, на счет Лицензиара во Внешэкономбанке СССР, г. Минск, в течение 20 дней с даты вступления настоящего соглашения в силу. В противном случае «Лицензиар» имеет право расторгнуть настоящее соглашение.

б) 10000 (десять тысяч) долларов США Лицензиат уплачивает

Лицензиару при передаче «Технической документации» согласно статье 3 настоящего соглашения. Платеж производится в долларах США с базотопового документарного аккредитива, открытого по поручению Лицензиата в пользу Лицензиара, банком-корреспондентом Внешэкономбанка СССР и авизованного через Внешэкономбанк СССР, Минск.

Аккредитив должен быть открыт Лицензиатом и течение 15 дней с даты получения им извещения Лицензиара, о том, что указанная «Техническая документация» готова к отправке или передаче - Аккредитив открывается сроком на 90 дней. Выплата с аккредитива, производится по представлении во Внешэкономбанк СССР, Минск, следующих документов:

- счета "Лицензиара" в 3-х экз.,
- копии авианакладной, подтверждающей отправку Лицензиаром «Технической документации» Лицензиату или копии акта о передаче «Технической документации».

Все расходы по аккредитиву несет каждая сторона на своей территории.

В случае задержки открытия аккредитива Лицензиар оставляет за собой право задержать поставку «Технической документации» до открытия Лицензиатом аккредитива.

в) 5000 (пять тысяч;) долларов США Лицензиат уплачивает Лицензиару путем телеграфного перевода на счет Лицензиара во Внешэкономбанке СССР, Минск, в течение 15 дней со дня пуска «Установки» в эксплуатацию против предъявления счета в 3-х экземплярах и копии акта о пуске «Установки» в эксплуатацию.

5.2 Вес платежи по настоящему соглашению понимаются как платежи нетто с пользу Лицензиара, без каких либо вычетов.

Статья 6. СБОРЫ И НАЛОГИ

Вес сборы, налоги и другие расходы, связанные с заключением и выполнением настоящего соглашения, взимаемые на «Территории» несет Лицензиат.

Все сборы, налоги и другие расхода, связанные с заключением настоящего соглашения, взимаемые па территории СССР, несет Лицензиар.

Статья 7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ.

7.1. Лицензиат гарантирует сохранение конфиденциальности документации, информации, включая "ноу-хау", относительно «Установки», «Процесса» и «Продукции по лицензии», полученных им от Лицензиара. С передаваемой документацией и информацией будут ознакомлены только те лица персонала Лицензиата, которые непосредственно связаны с осуществлением «Процесса», производством «Продукции по лицензии». Лицензиат сделает все возможное для тог, чтобы предотвратить разглашение этой информации и документации своими сотрудниками или ознакомление с ними третьих лиц без письменного согласия Лицензиара.

Лицензиар гарантирует сохранение конфиденциальности документации, информации, включая «ноу-хау» относительно «Установки», «Процесса» и «Продукции по лицензии», переданных им Лицензиату, в отношении третьих лиц на «Территории» на период предоставления Лицензиату исключительного права.

7.2. В случае разглашения указанной документации и информации Лицензиатом: или третьими лицами из его персонала, Лицензиат возместит Лицензиару понесенные в связи с этим убытки.

В случае нарушения Лицензиатом исключительного права, предоставленного Лицензиату, Лицензиар возместит Лицензиату понесенные им в связи с этим убытки.

7.3. Обязательства Лицензиата по сохранению конфиденциальности сохраняют свою силу и после истечения срока действия настоящего соглашения или его досрочного расторжения в течение последующих 5 лет.

Статья 8. РЕКЛАМА.

8.1. Лицензиат обязуется указывать в соответствующих рекламных материалах на «Продукцию по лицензии», что эта продукция получена по лицензии В/О «Белорусинторг», СССР.

Статья 9. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ.

9.1. Стороны обязуются незамедлительно информировать друг друга о всех произведенных ими усовершенствованиях, касающихся «Процесса» и «Установки».

9.2. Передача технической документации на непатентоспособные усовершенствования «Процесса» и «Установки» будет производиться сторонами безвозмездно с возмещением лишь фактических расходов по ее изготовлению и перedelке.

9.3. Патентоспособные усовершенствования «Процесса» и «Установки», созданные одной из сторон, будут считаться принадлежащими этой стороне. Патентоспособные усовершенствования, созданные Лицензиаром, будут предложены на «Территории» в первую очередь Лицензиату. Патентоспособные усовершенствования, созданные Лицензиатом, будут предложены в первую очередь Лицензиару.

9.4. Если предлагаемое согласно п. 9.3. одной из сторон условия передачи патентоспособных усовершенствований не будут приняты другой стороной в течении 3-х месяцев, то первая сторона имеет право предложить их третьему лицу на таких же или лучших для нее условиях.

9.5. Лицензиат обязуется информировать Лицензиара о всех новых областях использования. «Процесса», «Установки», которые станут ему известны.

9.6. Усовершенствования, переданные Лицензиаром Лицензиату, могут быть переданы третьим лицам только с письменного согласия Лицензиара.

Статья 10. СРОК ДЕЙСТВИЯ СОГЛАШЕНИЯ И УСЛОВИЯ ЕГО РАСТОРЖЕНИЯ

10.1. Настоящее соглашение заключено сроком на 8 лет. Подписанное обеими сторонами соглашение вступает в силу с даты его подписания.

10.2. Каждая из сторон имеет право досрочно расторгнуть настоящее соглашение путем подачи письменного уведомления, если другая сторона нарушит какое-либо из существенных, условий настоящего соглашения, причем Лицензиар вправе получать возмещение убытков, причиненных таким нарушением, включая упущенную выгоду.

Однако стороне, не выполнившей своего обязательства, будет предоставлен срок в 3 месяца для выполнения этого обязательства.

10.3. В случае расторжения соглашения суммы, уплаченные до момента его расторжения, возврату не подлежат.

Статья 11. ПОСЛЕДСТВИЯ ПРЕКРАЩЕНИЯ ДЕЙСТВИЯ СОГЛАШЕНИЯ

11.1. Лицензиат сохраняет право на использование «Установки» и «Процесса» и после истечения срока действия настоящего соглашения на «Территории» .

11.2. После истечении срока действия настоящего соглашения или его расторжения условия статей 7 и 12 сохраняются в силе.

Статья 12. АРБИТРАЖ

12.1. В случае возникновения между Лицензиаром и Лицензиатом споров или разногласий не настоящего соглашения или в связи с ним, стороны примут все меры к рассмотрению их путем переговоров между собой.

12.2. В случае невозможности разрешения указанных споров путем переговоров, они должны разрешаться в арбитражном порядке в стране ответчика в соответствии с Конвенцией о разрешении арбитражным путем гражданско-правовых споров, вытекающих из отношений экономического и научно-технического сотрудничества от 26 мая 1972 года.

Статья 13. ПРОЧИЕ УСЛОВИЯ

13.1. Недействительность какого-либо из условий настоящего соглашения не влечет за собой недействительность других условий или всего соглашения в целом.

13.2. Права и обязанности Лицензиата по настоящему соглашению не могут быть переданы другому юридическому или физическому лицу без письменного на то согласия Лицензиара.

13.3. Все переговоры и переписка, предшествующие заключению настоящего соглашения, теряют силу с момента его подписания.

13.4. Все изменения и дополнения к настоящему соглашению должны

быть совершены в письменной форме и подписаны уполномоченными на то лицами.

13.5. Упомянутые в настоящем соглашении Приложения № 1, 2, 3 всего на 3 листах составляют его неотъемлемую часть.

13.6. Настоящее соглашение совершено в г. Минске « 20» июня 1991 г. в двух экземплярах на русском языке.

ЮРИДИЧЕСКИЕ АДРЕСА СТРОН

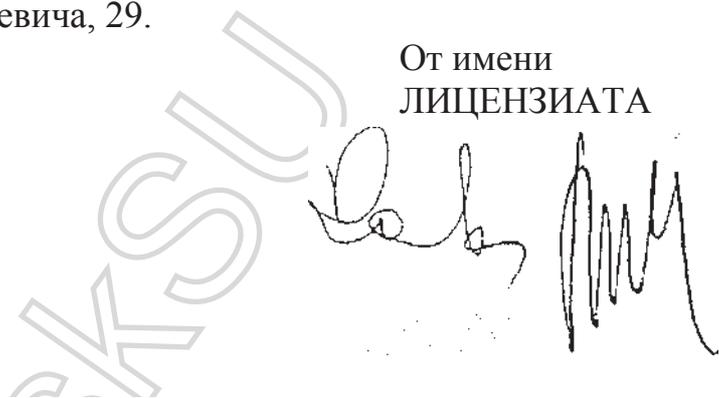
ЛИЦЕНЗИАР - В/О «БЕЛОРУСИНТОРГ», СССР, г. Минск,
220084, ул.Коллекторная, 10.

ЛИЦЕНЗИАТ - ВТП «ЦЕНТРОЗАП», ПР 40-085 Катовице,
ул.Мицкевича, 29.

От имени
ЛИЦЕНЗИАРА



От имени
ЛИЦЕНЗИАТА



Приложение № 1

к лицензионному соглашению

SU 502/0027242/13010 - 1 от 20.06.1991 г.

между В/О «БЕЛОРУСИНТОРГ», СССР, и

ВТП «ЦЕНТРОЗАП» ООО ПР

ПЕРЕЧЕНЬ

авторских свидетельств, патентов и патентных заявок, относящихся к объекту лицензии.

1. Способ упаковки тугоплавких битумов о термопластичную пленку

Авторское свидетельство СССР 1535759

Патент Франции 2603021

Патент Бельгии 905258

Заявка на выдачу патента Румынии 124430

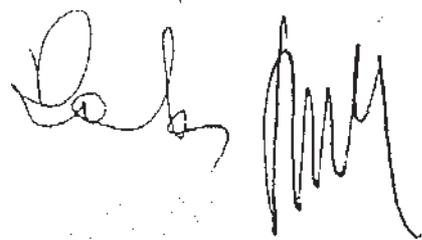
2. Установка для упаковывания битумов в термопластичную пленку

Заявка на выдачу авторского свидетельства СССР № 4840537 от
15.06.90 г

От имени
ЛИЦЕНЗИАРА

Handwritten signature in cursive script, appearing to be 'Алексей'.

От имени
ЛИЦЕНЗИАТА

Handwritten signature in cursive script, appearing to be 'Алексей'.

POLOTSKSU

Приложение № 2
к лицензионному соглашению
SU 502/0027242/13010 - 1 от 20.06.1991 г.
между В/О «БЕЛОРУСИНТОРГ», СССР, и
ВТП «ЦЕНТРОЗАП» ООО ПР

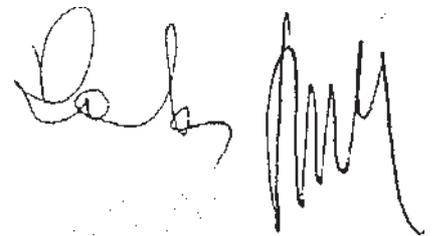
ПЕРЕЧЕНЬ
передаваемой технической документации

1. Рабочая документация:
 - узел протяжки;
 - узел формирования блока брикетов;
 - узел заливки брикетов;
 - узел охлаждения;
 - схемы автоматизации установки.
2. Технологический регламент на процессе упаковывания битума.
3. Паспорт на установку для упаковывания строительных марок битума в полиэтиленовую пленку.
Разделы паспорта:
 1. Назначение
 2. Техническая характеристика
 3. Состав изделия и комплект поставки
 4. Устройство и принцип работы
 5. Указание мер безопасности
 6. Инструкция по эксплуатации
 7. Техническое обслуживание
 8. Характерные неисправности и методы их устранения
 9. Описание смены автоматики

От имени
ЛИЦЕНЗИАРА



От имени
ЛИЦЕНЗИАТА



Приложение № 3
к лицензионному соглашению
SU 502/0027242/13010 - 1 от 20.06.1991 г.
между В/О «БЕЛОРУСИНТОРГ», СССР, и
ВТП «ЦЕНТРОЗАП» ООО ПР

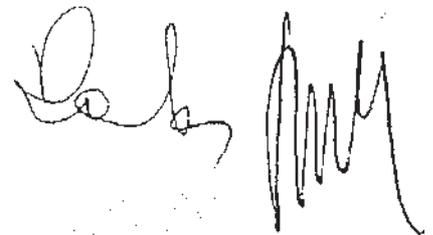
Гарантированные технические параметры
установки для упаковки битума
в полиэтиленовую пленку

1.	Производительность, кг/ч	600(2400 т/год)
2.	Марки битумов,	БН: 90/10,70/30
3.	Начальная температура битума, С	160...170
4.	Расход охлаждающей воды, м /ч	5+0,1
5.	Расход сжатого воздуха., м /ч	10+0,2
6.	Потребляемая мощность, кВт	3
7.	Масса брикета, кг	10
8.	Габарита брикета, мм	100x200x500
9.	Размеры блока из 4 брикетов, мм	600x1200x100
10.	Толщина упаковочной пленки, мкм	160...220
11.	Расход плетей на 1 тонну битума, кг	5,0...8,0

От имени
ЛИЦЕНЗИАРА



От имени
ЛИЦЕНЗИАТА



КАМИТЭТ ПА НАВУЧЭННІ ПРЫ САВЕЦЕ МІНІСТРАЎ
РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ



НАЦЫЯНАЛЬНЫ ЦЭНТР
ІНТЭЛЕКТУАЛЬНАЙ УЛАСНАСЦІ
ПАТЭНТ

№ 4970

У адпаведнасці з Законам Рэспублікі Беларусь
“Аб патэнтах на вынаходствы і карысныя мадэлі”
выдадзены сапраўдны патэнт на вынаходства:

**Способ упаковывания горячетекучих материалов в полимерную
рукавную пленку**

Патэнтаўладальнік:
Полоцкий государственный университет (BY)

Аўтар (аўтары):
Теряева Зинаида Сергеевна; Липский Владимир Константинович; Коваленко
Павел Васильевич (BY)

Заяўка № а 19980570

Прыярытэт устаноўлены па даце:
1998.06.15

Зарэгістравана ў Дзяржаўным рэестры
вынаходстваў: 2002.10.25

Дата пачатку дзеяння: 1998.06.15



Генеральны дырэктар



**СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ СССР ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ
(ГОСКОМИЗОБРЕТЕНИЙ)**

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№

1830864

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Госкомизобретений выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:

"Устройство для упаковывания парафина"

Автор (авторы): **Коваленко Павел Васильевич и другие,**
указанные в описании

Заявитель: **НОВОПОЛОЦКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ.
ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА БЕЛОРУССИИ**

Заявка № **4705592** Приоритет изобретения **15 июня 1989г.**

**Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений СССР**

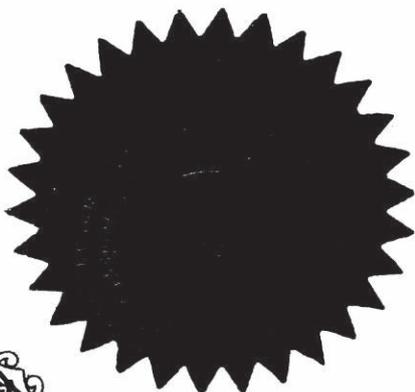
13 октября 1992г.

Действие авторского свидетельства распро-
страняется на всю территорию СССР.

Председатель Комитета

Начальник отдела

*Рисс
Зинь*





СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 958234

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:
"Устройство для затаривания тугоплавких битумов в полимерную тару"

Автор (авторы): Рысев Герман Степанович, Терьева Зинаида Сергеевна, Липский Владимир Константинович, Коробко Владимир Иванович и Суботин Константин Константинович

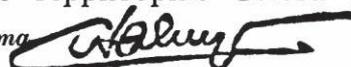
Заявитель: **НОВОПОЛОЦКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

Заявка № **3250885** Приоритет изобретения **12 декабря 1980г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

14 мая 1982г.

Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета 

Начальник отдела 

ПАТЕНТ

Действует с 1 июля 1991 г.

Выдан взамен авторского свидетельства



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

№

1535759

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР,
Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий

выдал настоящее свидетельство на изобретение:
"Способ упаковки тубообразных бигудов в термопластичную пленку"

Патентообладатель: **НОВОПОЛОЦКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ.
ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА БЕЛОРУССИИ**

Автор (авторы): **Теряева Зинаида Сергеевна, Липский
Владимир Константинович, Шалаев Степан Степанович и
Швед Петр Иванович**

Заявка № **3987779**

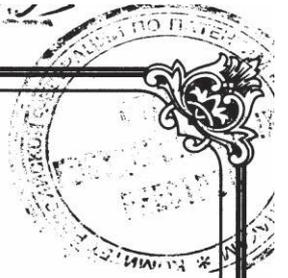
Приоритет изобретения **23 декабря 1986г.**

Варегистрировано в Государственном реестре
изобретений Союза ССР

15 сентября 1989г.

Председатель Комитета

Начальник отдела



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК
 ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
 ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ СССР ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ
 (ГОСКОМИЗОБРЕТЕНИЙ)

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 1575498

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Госкомизобретений выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:

"Способ изготовления плит парафина"

Автор (авторы): Теряева Зинаида Сергеевна, Коваленко Павел Васильевич и Липский Владимир Константинович

Заявитель: НОВОПОЛОЦКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА БЕЛОРУССИИ

Заявка № 4341037 Приоритет изобретения 17 ноября 1987г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

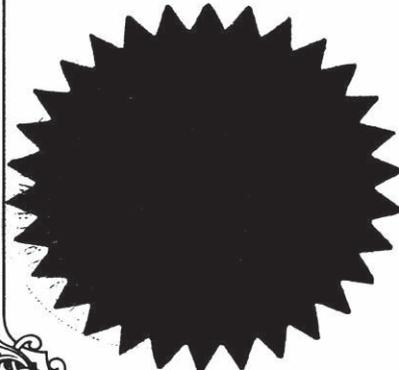
1 марта 1990г.

Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета

Начальник отдела

Ю. Гален
Генерал





СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ СССР ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ
(ГОСКОМИЗОБРЕТЕНИЙ)

ПАТЕНТ

№

1790531

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Госкомизобретений выдал настоящий патент на изобретение:

"Установка для упаковывания битума в термопластичную рукавную пленку"

Патентообладатель **Новополоцкий политехнический институт**

Автор (авторы): Теряева Винаида Сергеевна, Липский Владимир Константинович, Ковалевский Виктор Васильевич, Тетерук Владимир Григорьевич и Коваленко Павел Васильевич

Заявка № 4840537

Приоритет изобретения 15 июня 1990г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

22 сентября 1992г.

Действие патента распространяется на всю территорию Союза ССР сроком на 20 лет

(с 15 июня 1990г.)

Председатель Комитета

Начальник отдела

Расс
Зинин



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ
АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 1009007

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:
"Устройство для упаковки тугоплавких битумов в полимерные мешки"

Автор (авторы): Рысэв Герман Степанович, Теряева Зинаида Сергеевна, Липский Владимир Константинович, Апанасевич Григорий Константинович, Козлова Людмила Ивановна и Субботин Константин Константинович

Заявитель: НОВОПОЛОЦКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

Заявка № **3343038** Приоритет изобретения **15 сентября 1981 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

1 декабря 1982 г.

Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета

Начальник отдела



РЭСПУБЛІКА БЕЛАРУСЬ



ДЗЯРЖАЎНАЕ ПАТЭНТНАЕ ВЕДАМСТВА
РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ
ПРЫ САВЕЦЕ МІНІСТРАЎ
РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ
(Белдзяржпатэнт)

С В Е Д Ч А Н Н Е

№ 133

У адпаведнасці з Законам Рэспублікі Беларусь
«Аб патэнтах на вынаходствы»
выдадзена сапраўднае сведчанне на вынаходства:

"Установа для упаковывання битума
в термопластичную рукавную плёнку"

Аўтар (аўтары): Коваленко Павел Васильевич и другие,
указанные в описании

Патэнтаўладальнік: Новополоцкий политехнический институт

Заяўка № 4840537

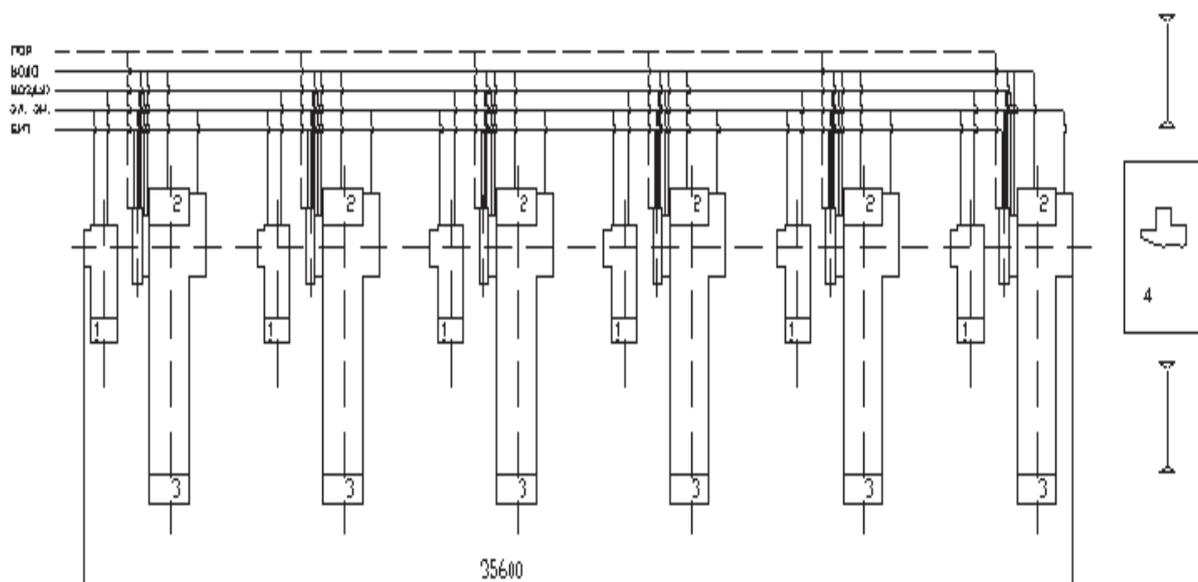
Прыярытэт вынаходства:
15 июня 1990 г.

Зарэгістравана ў Дзяржаўным рэестры
вынаходстваў
14 октября 1993 г.

Старшыня
Белдзяржпатэнта

Пугачев

Технологическая схема установки БИПАК – 30000



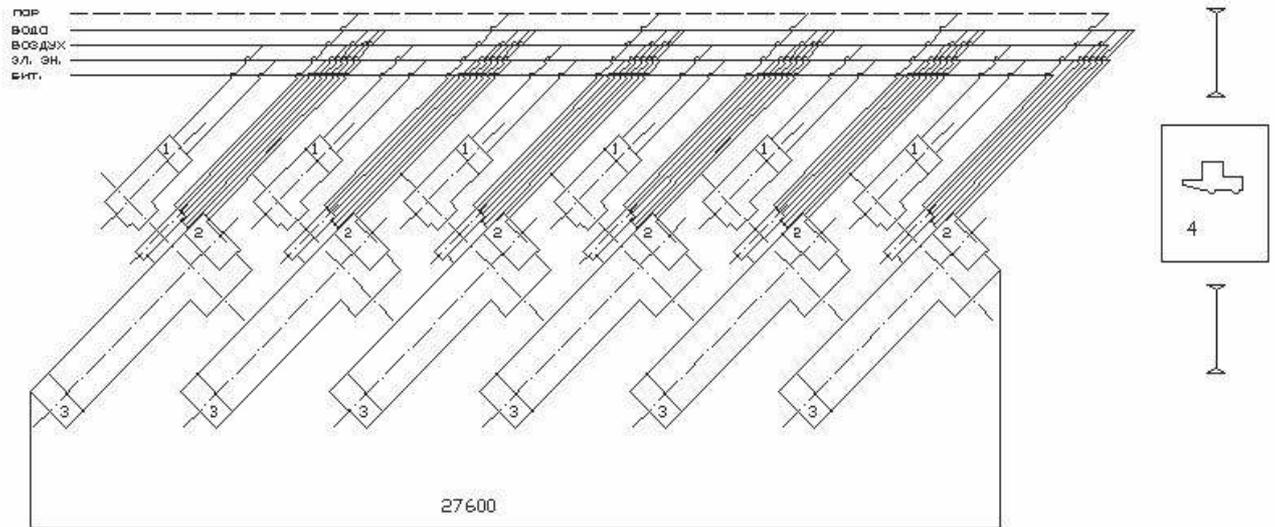
Вариант компоновки 1

1 – зона формирования блока пакетов; 2 – зона загрузки контейнеров;
3 – зона выгрузки готовой продукции; 4 – площадка доохлаждения

Технические характеристики.

1. Площадь занимаемая установкой	260 м ² ;
2. Производительность	7 т/ч;
3. Вес единичной упаковки	15 кг;
4. Количество упаковок в блоке	3 шт;
5. Расход электроэнергии	36 кВт;
6. Расход воздуха	60 м ³ /ч;
7. Количество обслуживающего персонала	6 чел.

Технологическая схема установки БИПАК – 30000.



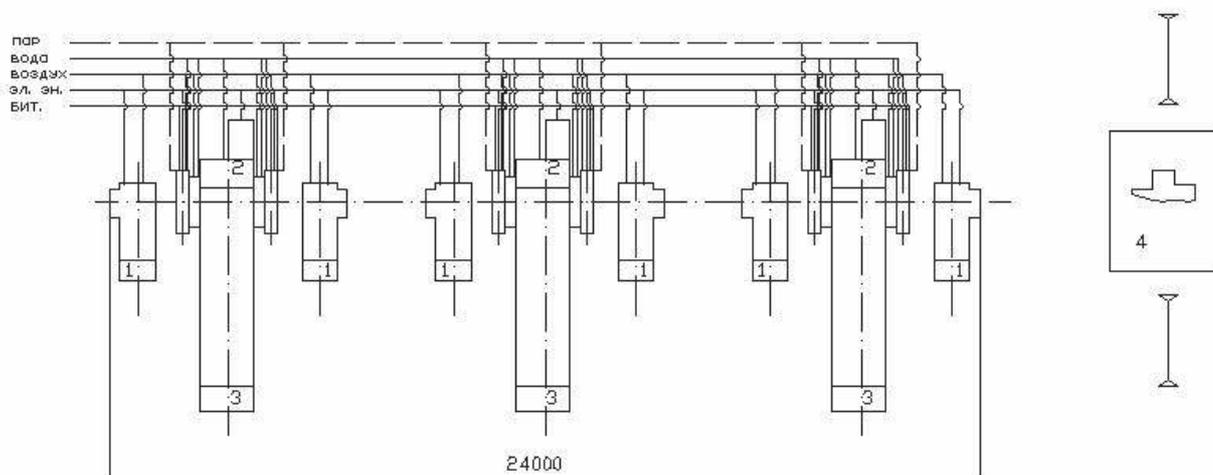
Вариант компоновки 2

1 – зона формирования блока пакетов; 2 – зона загрузки контейнеров;
3 – зона выгрузки готовой продукции; 4 – площадка доохлаждения

Технические характеристики.

1. Площадь занимаемая установкой	254 м ² ;
2. Производительность	7 т/ч;
3. Вес единичной упаковки	15 кг;
4. Количество упаковок в блоке	3 шт;
5. Расход электроэнергии	36 Квт;
6. Расход воздуха	60 м ³ /ч;
7. Количество обслуживающего персонала	6 чел.

Технологическая схема установки БИПАК – 30000



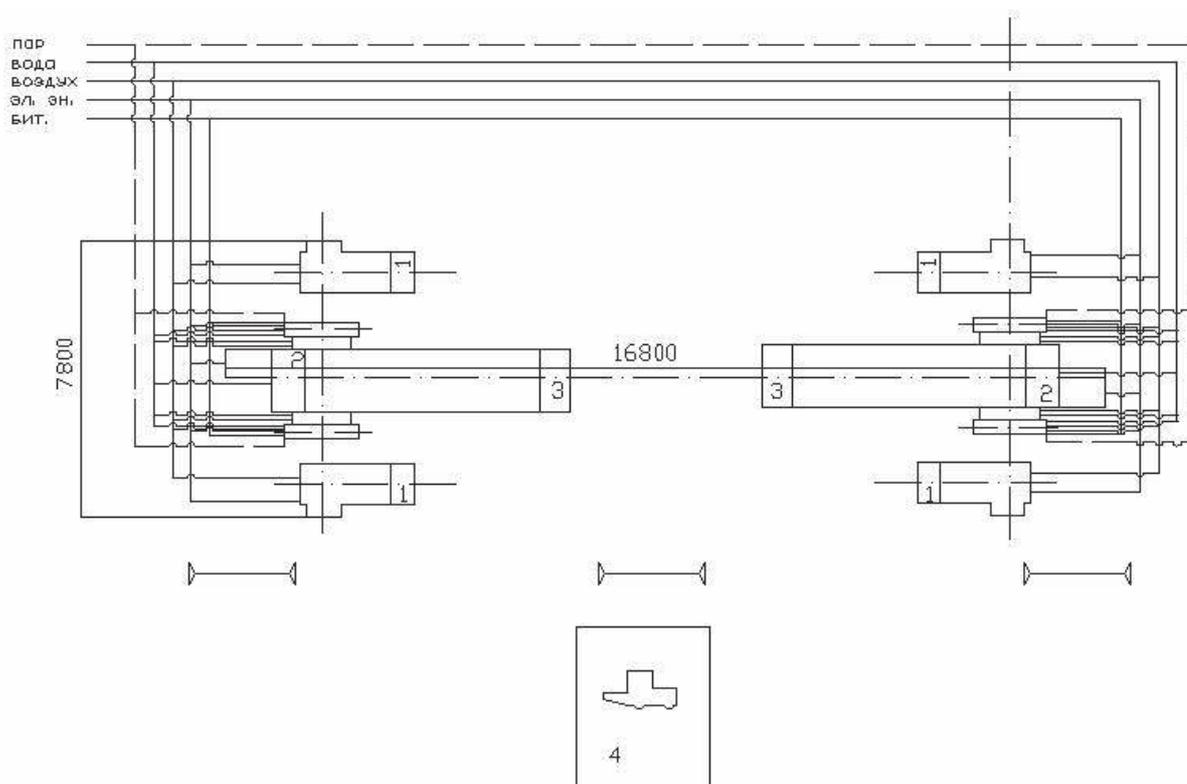
Вариант компоновки 3

1 – зона формирования блока пакетов; 2 – зона загрузки контейнеров;
3 – зона выгрузки готовой продукции; 4 – площадка доохлаждения

Технические характеристики.

1. Площадь занимаемая установкой	202 м ² ;
2. Производительность	7 т/ч;
3. Вес единичной упаковки	15 кг;
4. Количество упаковок в блоке	3 шт;
5. Расход электроэнергии	24 кВт;
6. Расход воздуха	30 м ³ /ч;
7. Количество обслуживающего персонала	3 чел.

Технологическая схема установки БИПАК – 30000



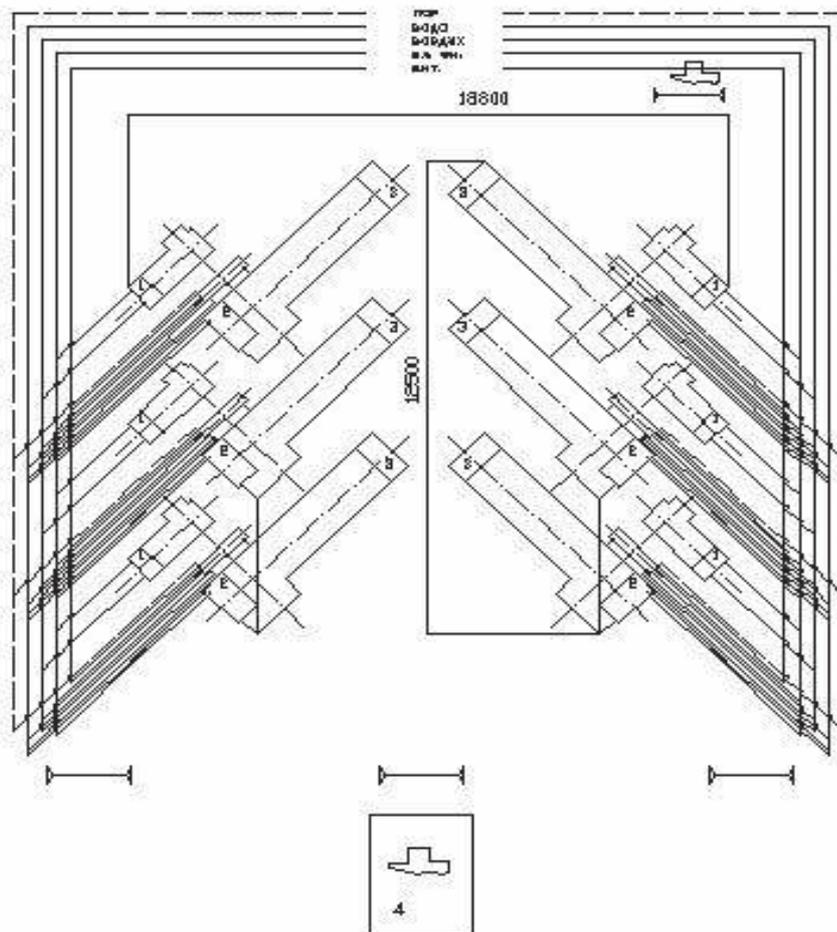
Вариант компоновки 4

- 1 – зона формирования блока пакетов; 2 – зона загрузки контейнеров;
3 – зона выгрузки готовой продукции; 4 – площадка доохлаждения

Технические характеристики.

1. Площадь занимаемая установкой	122 м ² ;
2. Производительность	7 т/ч;
3. Вес единичной упаковки	20 кг;
4. Количество упаковок в блоке	3 шт;
5. Расход электроэнергии	16 Квт;
6. Расход воздуха	30 м ³ /ч;
7. Количество обслуживающего персонала	2 чел.

Технологическая схема установки БИПАК – 30000



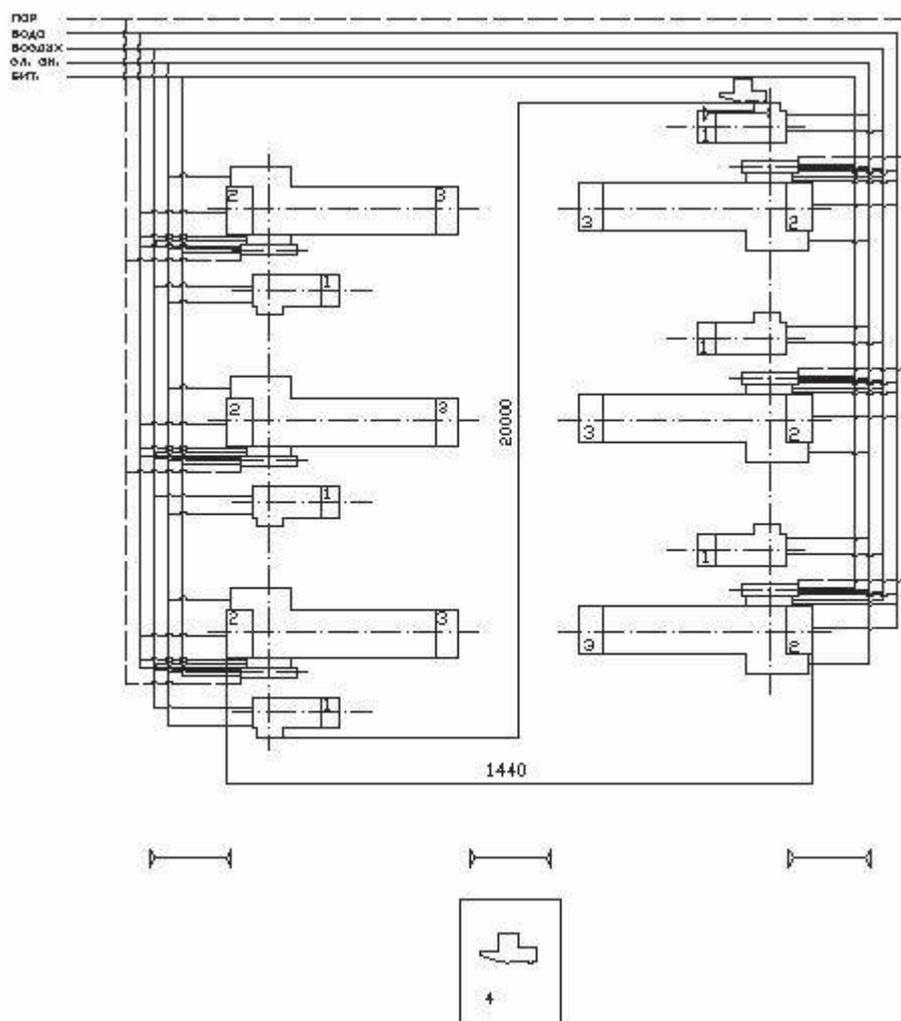
Вариант компоновки 5

1 – зона формирования блока пакетов; 2 – зона загрузки контейнеров;
3 – зона выгрузки готовой продукции; 4 – площадка доохлаждения

Технические характеристики.

1. Площадь занимаемая установкой	286 м ² ;
2. Производительность	7 т/ч;
3. Вес единичной упаковки	15 кг;
4. Количество упаковок в блоке	3 шт;
5. Расход электроэнергии	36 кВт;
6. Расход воздуха	60 м ³ /ч;
7. Количество обслуживающего персонала	6 чел.

Технологическая схема установки БИПАК – 30000



Вариант компоновки 6

1 – зона формирования блока пакетов; 2 – зона загрузки контейнеров;
3 – зона выгрузки готовой продукции; 4 – площадка доохлаждения

Технические характеристики.

1. Площадь занимаемая установкой	288 м ² ;
2. Производительность	7 т/ч;
3. Вес единичной упаковки	15 кг;
4. Количество упаковок в блоке	3 шт;
5. Расход электроэнергии	36 Квт;
6. Расход воздуха	60 м ³ /ч;
7. Количество обслуживающего персонала	6 чел.



Утверждаю
 Руководитель организации
Купцов
 " " 1987 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях

Заказчик Дорожно-строительный трест №2

Управляющий К. К. Костенко

Настоящим актом подтверждается, что результаты работы ХД-9141

Разработка документации и подготовка установки для упаковки строительного битума в полиэтиленовую пленку

выполненной Полоцким политехническим институтом

стоимостью 5834 (пять миллионов восемьсот тридцать четыре) тыс.руб

выполняемой с 12.12.1991 по 31.08.1993 г.

внедрены на комбинате строительных материалов

1. Вид внедренных результатов установка по упаковке строительного битума в полиэтиленовую пленку

2. Характеристика масштаба внедрения единичное

3. Форма внедрения

4. Новизна результатов научно-исследовательских работ качественно

НОВЫЕ

5. Опытно-промышленная проверка акт приема установки

6. Внедрены: в промышленное производство комбинат строительных материалов

Утверждаю
 Генеральный директор
 Руководитель (главный инженер)
 ПО «Новополоцкнефтеоргсинтез»
 наименование предприятия
 В. Г. Тетерук
 (подпись)
 26 12 1984 г.

Утверждаю
 Ректор (проректор по научной
 работе)
 Новополоцкий политехн. институт
 наименование вуза)
 (подпись)
 19 г.

АКТ

об использовании (внедрении) НИР

Мы, нижеподписавшиеся, представители предприятия Генеральный директор ПО «Новополоцкнефтеоргсинтез» В. Г. Тетерук

с одной стороны и представители вуза НПИ им. ЛКСМБ доцент Липский Владимир Константинович, м.н.с Коваленко Павел Васильевич, с другой стороны; составили настоящий акт об использовании (внедрении) результатов хозяйственной (госбюджетной) научно-исследовательской работы № 84-31 «Оказание технической помощи по упаковке и транспортировке тугоплавких битумов в полиэтиленовую пленку для товаров народного потребления»

стоимостью 15 тыс. руб.

начата 1 апреля 1984 г.

закончена и принята заказчиком 15 декабря 1984 г.

Внедрена (использована) Технологический регламент опытно-промышленной установки затаривания битума в полиэтиленовую пленку



АКТ

на проведение погрузочных работ при транспортировке строительного битума, упакованного в полиэтиленовую пленку, в металлических контейнерах

25 июля 1984 года на товарной площадке битумной установки №2 ПО «Новополоцкнефтеоргсинтез» в присутствии комиссии, в составе: начальника битумных установок ПО «Новополоцкнефтеоргсинтез» Прохорова П. Я., Инженера по снабжению РСУ Нарушевича В. И. была осуществлена погрузка тугоплавкого битума БН 90/10, затаренного в полиэтиленовую пленку в виде брикетов размерами 500x270x80 мм и массой 10 кг. Брикеты навалом загружались в металлические контейнеры, масса груза в контейнере 1,07 кг. Количество контейнеров – 3 шт. Погрузка контейнеров с битумом в кузов автомобиля осуществлялась автопогрузчиком марки ЕВ-717.33 грузоподъемностью 2 т.

Транспортировка битума потребителю выполнялась грузовыми автомобилями марки ЗИЛ-130-1В грузоподъемностью 8 т.

При выполнении погрузочных работ было зафиксировано, что время погрузки одного контейнера 3,0 мин., время загрузки автомобиля 10 мин. На погрузке был занят 1 человек – водитель автопогрузчика.

В результате погрузки деформации брикетов не наблюдалось.

Начальник битумных установок
ПО «Новополоцкнефтеоргсинтез»
Инженер по снабжению РСУ
Инженер НИИ

Прохова
Нарушевич
Большаков

Прохоров П. Я.

Нарушевич В. И.
Большаков И. В.

ПРИЛОЖЕНИЕ Я

" Утверждаю "

Проректор по научной работе
В.А. Кажарский
" " " 1982г.

" Утверждаю "

Начальник Новополоцкого управления "Дружба"
Г.П. Китайгора
" " " 1982 г.

" Утверждаю "

Главный инженер ПО "Новополоцкий нефтеоргсинтез"
З.Г. Тетерук
" 1 " 11 " 1982 г.

АКТ

на сохранность битума при транспортировке его в пакетированном виде

Комиссия в составе: начальника участка РСУ Калиновского Г.В., инженера по снабжению Нарушевича В. И., м.н.с. НПИ Липской В.В. произвела анализ сохранности тугоплавкого битума марки БН-90/10 после транспортировки его автомобилем ЗИЛ-130-1В от погрузочной площадки битумной установки нефтеперерабатывающего завода до пикета, расположенного на 83 километре трубопровода Новополоцк-Венспилс, всего на расстояние 100 км.

Характеристика дороги: асфальтовое покрытие – 92 км, бездорожье – 8 км. Пакеты груза массой 990 кг были сформированы на плоских поддонах с размерами 800x1200мм, высота пакета составляла 1450 мм.

В кузове автомобиля 8 пакетов груза располагались в один ярус, занимая практически всю площадь пола.

После осмотра пакетов груза было установлено, что они не потерпели каких-либо изменений. Деформации пакетов, перемещения их по поддонам, нарушения обвязки не наблюдалось.

Нач. участка РСУ
Инженер по снабжению
М.н.с. НПИ

Маслов
Нарушевич
Липская

Г.В.Калиновский
В.И. Нарушевич
В.В. Липская

Утверждаю
 Генеральный директор
 Руководитель (главный инженер)
 ЦО "Новополоцкий завод «Агрез»"
 наименование предприятия
 (подпись) В.Е. Тетерук
 " 26 " 12 19 81 г.

Утверждаю
 Ректор (проректор по научной
 работе)
 Новополоцкий политехн. институт
 наименование вуза)
 (подпись) В.А. Казароцкий
 19 81 г.

АКТ

об использовании (внедрении) НИР

Мы, нижеподписавшиеся, представители предприятия СКБ «Транснефтаавтоматика» Шварц Михаил Эхильевич с одной стороны и представители вуза Новополоцкого политехнического института научный руководитель ХД 77-56 Липский Владимир Константинович с другой стороны; составили настоящий акт об использовании (внедрении) результатов хозяйственной (госбюджетной) научно-исследовательской работы № 77-56 «Исследование гидротранспорта нефтепродуктов в эластичных оболочках по трубопроводу Полоцк-Венспилс»:

стоимостью 250 тыс. руб.

начата 28 декабря 1977 г.

закончена и принята заказчиком 31 декабря 1981 г.

Внедрена (использована) 1981-1994 гг. Место внедрения – г. Новополоцк (головная перекачивающая станция). Объем внедрения – 500 тыс. тонн нефтепродуктов.

Утверждаю

Руководитель (главный инженер)

ПО "Новополодние теоргоинтез"

(наименование организации)

В.Р. Гедарук
(подпись) (фамилия, и., о.)



СПРАВКА

Об использовании (внедрении)

В результате выполнения хоздоговорной (госбюджетной) научно-исследовательской работы № 8431 «Оказание технической помощи по упаковке и транспортировке тугоплавких битумов в полиэтиленовой плёнке для товаров народного потребления»:

стоимостью пятнадцать тыс.руб., начатой 19 апреля 1984 года, законченной и принятой заказчиком 15 декабря 1984 года.

Получены следующие основные результаты составлен технологический регламент на упаковку строительного битума в полиэтиленовую пленку на опытно-промышленной установке, подготовлен проект технических условий на пакеты полиэтиленовые для нефтяного битума, проект лимитной цены на битум в полиэтиленовой упаковке.

Которые будут использованы (внедрены) для организации выпуска мелкорасфасованного строительного битума в качестве товара народного потребления.

В течение 1986-2004 года.

Ожидаемый экономический эффект составляет 11,904 тыс. руб.

ПРЕДСТАВИТЕЛИ ЗАКАЗЧИКА

[Handwritten signature]

ПРЕДСТАВИТЕЛИ ВУЗА (НИИ)

[Handwritten signatures]
В.К. Ляпошкин
И.М. Тихонов

Согласовано
 Ректор (проректор) вуза
В.К. Дикштейн
 25 XII 1987 г.



Утверждаю
 Руководитель организации
В.К. Дикштейн
 25 XII 1987 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

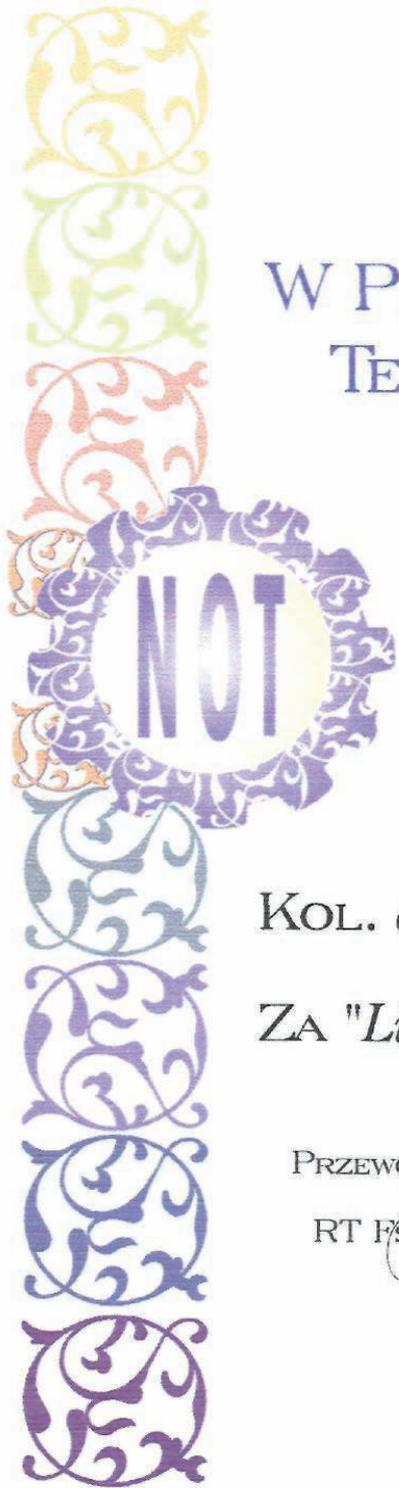
результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях

Заказчик Государственный топливно-энергетический комитет Латвийской ССР в лице главного инженера Шкуратова В.И.

Настоящим актом подтверждается, что результаты работы ХД-87-14 «Разработать и внедрить оборудование для выпуска парафина в полиэтиленовой упаковке». № гос. Регистрации 01.87.005437, ответственный исполнитель м.н.с. Коваленко П.В.

выполненной Полоцким политехническим институтом стоимостью 60,0 (шестьдесят) тыс.руб выполняемой с 16.02.1987 по 31.12.1989 г. внедрены Рижской нефтебазе.

1. Вид внедренных результатов технология и установка по упаковыванию парафина в полиэтиленовую пленку.
2. Характеристика масштаба внедрения единичное.
3. Форма внедрения единичное.
4. Новизна результатов научно-исследовательских работ принципиально новые.
5. Опытно-промышленная проверка акт приема установки.
6. Внедрены: в промышленное производство процесс розлива парафина на Рижской нефтебазе.



NAGRODA
II-GO STOPNIA
W PRZEGLĄDZIE OSIĄGNIĘĆ
TECHNICZNYCH TORUNIA
ZA 1994 ROK.

RADA TORUŃSKA FEDERACJI
STOWARZYSZEŃ NAUKOWO
TECHNICZNYCH NOT

PRZYZNAŁA

KOL. *dr inż W.Pawłowi Kowalenko*

ZA "*Linie do konfekcjonowania asfaltu*"

PRZEWODNICZĄCY
RT FSNT NOT

PREZYDENT
Jedliński
TORUNIA

TORUŃ DNIA 13.06.1995