

УДК 665.775

DOI 10.52928/2070-1616-2026-54-2-88-91

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПАКОВЫВАНИЯ И ТРАНСПОРТА НЕФТЯНОГО БИТУМА

канд. техн. наук, доц. П.В. КОВАЛЕНКО, канд. техн. наук, доц. Ю.А. БУЛАВКА
(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)

Приведены результаты анализа современных технологий упаковывания и транспорта нефтяного битума, который позволил установить, что в настоящее время наиболее широко распространена доставка продукта в «горячем» виде автомобильным и железнодорожным транспортом с использованием цистерн и битумовозов, которые могут быть модернизированы путем применения современных теплоизоляционных материалов, дооборудованы равномерным прогревом по всему объему с нижним сливом продукта и перемешивающими устройствами. Также перспективна транспортировка битума в упакованном «холодном» виде в кластерейнерах, биг-бэгах, кубовидных контейнерах, картонно-навивных барабанах, металлических бочках, контейнерах с металлической обечайкой, мешках и композитах, изготовленных с использованием полимерных материалов. Несмотря на высокую стоимость упаковки битума для перевозки в «холодном» виде, данный способ приводит к снижению нагрузки на окружающую среду и улучшению эксплуатационных свойств товарного продукта.

Ключевые слова: нефтяной битум, высокозастывающие нефтепродукты, транспорт, упаковывание, кластерейнер, полимерно-битумное вяжущее, полимерно-модифицированный битум.

Введение. В настоящее время производители битумных материалов выпускают около двухсот марок битумов различного назначения, используемых при строительстве дорог, сооружений, зданий, кровли, гидроизоляции фундаментов и санузлов, заливки трещин, при прокладке трубопроводов и др. При этом применяют как остаточные битумы, полученные перегонкой нефти под вакуумом, так и окисленные воздухом на битумных установках при температурах 260–280 °С, а также компаундированные – полученные смешением остаточных и окисленных; и модифицированные различными добавками, чаще всего полимерами, так называемые полимерно-битумных вяжущие и полимерно-модифицированные битумы. Получение потребителями качественных битумных материалов сегодня определяется не только составом исходного сырья и влиянием технологических параметров производственного процесса изготовления товарной продукции на нефтебитумных заводах и НПЗ, но и факторами, влияющими на промежуточных этапах жизненного цикла битума от производства до потребления, таких как упаковка, хранение и транспорт. На рисунке приведены основные этапы жизненного цикла битумного материала от производства до потребления.

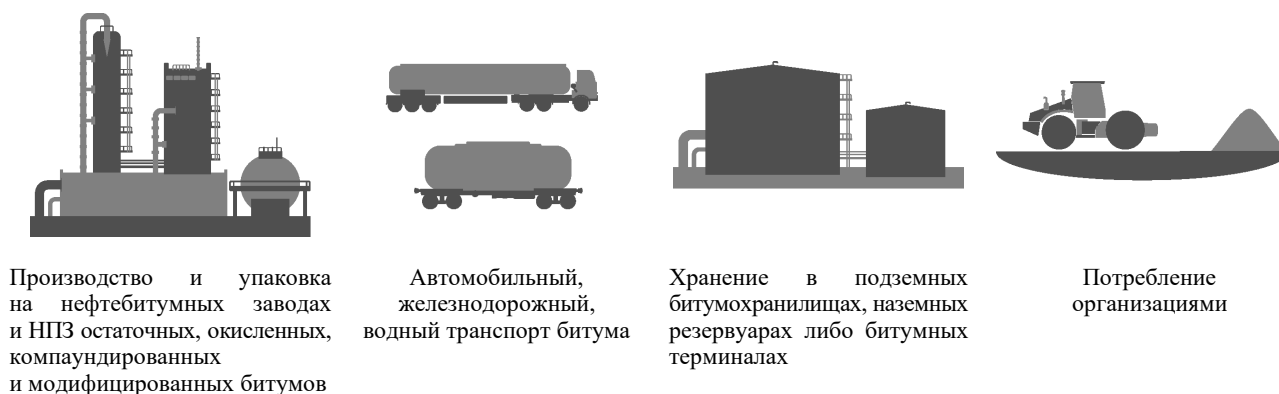


Рисунок. – Основные этапы жизненного цикла битумного материала от производства до потребления

Значительную роль в сохранении исходных эксплуатационных показателей качества товарного продукта играют процессы его транспорта и хранения. В частности, на этапе погрузки в расплавленном состоянии (в «горячем» виде) в цистерны, а также при транспортировке и его выгрузке температура битума может достигать 180 °С и выше, что приводит к интенсификации процессов деструкции и старения, обусловленных потерей легколетучих компонентов, а также процессов окисления кислородом воздуха при неполной герметичности битумовоза. На этапе хранения в подземных битумохранилищах либо наземных резервуарах нагрев жаровыми трубами либо электрическими ТЭНами, отсутствие автоматизированных средств контроля за нагревом зачастую приводит к чрезмерному перегреву и, как следствие, ухудшению эксплуатационных свойств продукта

(снижению пенетрации и растяжимости, повышению вязкости и др.). Отсутствие перемешивающих устройств на этапах хранения и транспорта (в особенности полимерно-битумных композиций, представляющих из себя дисперсные системы неустойчивого состояния) приводит к неоднородности товарного битума и возможности его расслоения [1]. Длительное хранение в подземных хранилищах битума сопровождается риском попадания прямых солнечных лучей и его обводнения дождевыми осадками, проникновением грунтовых вод. Использование нагрева паром при наземном хранении в металлических горизонтальных и вертикальных резервуарах также может привести к его обводнению и необходимости последующего выпаривания. Современные технологии упаковки, транспорта и хранения битума в «холодном» виде лишены большинства ранее описанных недостатков. В связи с этим изучение современных технологий упаковывания и транспорта нефтяного битума является актуальной научной задачей, что и определило *цель настоящего исследования*.

Результаты и их обсуждение. Нефтяные битумы относятся к высокозастывающим нефтепродуктам специального назначения с температурой застывания выше температуры окружающей среды, которые производят и используют в «горячем» расплавленном виде, а транспортируют и хранят как «горячем», так и «холодном». Каждый из способов характеризуется своими преимуществами и недостатками [2–9].

В странах СНГ в «горячем» виде транспортируют большую часть дорожных битумов и до 20% строительных и высокоплавких битумов [10]. В странах дальнего зарубежья до 90% всех высокозастывающих нефтепродуктов специального назначения перевозят в «горячем» виде автомобильным, железнодорожным либо водным транспортом [10–12]. При этом объемы перевозки автомобильным транспортом в 8–9 раз выше, чем железнодорожным [11–12]. Плечо доставки битумных материалов может достигать 2000 км, и перевозка битума на расстояния более 1000 км железнодорожным транспортом выгоднее, чем автомобильным.

Использование железнодорожных цистерн с паровой рубашкой устаревшей конструкции из-за отсутствия тепловой изоляции приводит к быстрому остыванию битума, необходимости повторного многократного длительного энергозатратного прогрева, что усугубляет процессы старения битумных материалов. Неравномерный прогрев приводит к формированию остатка в цистернах, что влечет нарушение сроков их выгрузки и штрафы, а разогрев водяным паром может привести к обводнению продукта, при этом обводненность в некоторых случаях достигает 8% масс.

К методам совершенствования транспорта битума в «горячем» виде относят применение современных теплоизоляционных материалов для железнодорожных цистерн с толщиной слоя не менее 15 см, оборудование железнодорожных цистерн обогревом ТЭНами или диатермальным маслом; теплоизолированных автоцистерн-термосов, что позволяет поддерживать заданную температуру продукта. Равномерный прогрев цистерны по всему объему с нижним сливом и перемешивающими устройствами обеспечивает более полное удаление битума из цистерны без остатка и сохранение его качества на пути следования к потребителю.

К преимуществам транспорта битума в «горячем» виде по сравнению с «холодным» способом в твердом упакованном состоянии относят меньшие затраты у потребителя, связанные с разогревом материала и удалением упакованной тары, а на станции производства отсутствуют операции охлаждения и упаковывания товарного битума. Недостаток данного способа – необходимость использования цистерн с теплоизоляцией, оборудованных средствами обогрева, а также порожний возврат тары [11–12].

Избежать значительных затрат на поддержание битума в расплавленном состоянии можно, если его хранить и транспортировать в упакованном «холодном» виде в кубовидных контейнерах, поликубах, металлических бочках (конусных, навивных и др.), контейнерах типа биг-бэг, универсальных однотоннажных контейнерах из многослойного картона типа клавертейнер, картонно-навивных барабанах, мешках по технологии PolyCube system, контейнерах с металлической обечайкой и т.п. [13–16]. При этом тару выпускают различной вместимости из картона, полимеров либо металла с возможностью нахождения под открытым небом в течение длительного периода. В ГОСТ 1510-2022 «Нефть и нефтепродукты маркировка, упаковка, транспортирование и хранение» закреплена возможность упаковывания твердых нефтепродуктов в мешки (пакеты) бумажные, полимерные (полиэтиленовые), картонно-навивные барабаны с применением полиэтиленовых вкладышей. Допускается упаковывать битумы (в т.ч. полимерно-модифицированные битумы) в разовую, жесткую, штабелируемую, кубическую транспортную тару (упаковку).

При упаковывании битумов с температурой размягчения по методу КиШ не ниже 45 °С допускается использовать мягкие контейнеры типа биг-бэг. Битумы, имеющие температуру размягчения по методу КиШ не ниже 35 °С, допускается упаковывать в кубические контейнеры для битума типа клавертейнер. Битумы с температурой размягчения не ниже 65 °С – в картонные коробки с внутренним вкладышем из антиадгезионной бумаги, бумажные мешки, картонные или металлические барабаны, бочки. Вся тара должна быть химически нейтральной к битумам (в т.ч. полимерно-модифицированным битумам), термостойкой при разогреве битумов до температуры 160 °С, достаточно герметичной для исключения протечек битума и попадания внутрь тары воды и загрязняющих частиц (веществ).

Допускается упаковывать дробленый хрупкий битум в мягкие контейнеры.

Выбор способа упаковки битума для транспортирования в «холодном» виде определяется рядом следующих критериев, а именно: необходимые прочность и жесткость при транспортировке, погрузке и разгрузке, хранении; стойкость к неблагоприятным метеорологическим условиям при открытом складировании груза;

устойчивость к долгосрочному складскому хранению в нескольких ярусах; технологичность расплавления и налива без протечек, возможность автоматизированного налива.

В частности, использование крафт-бумажной тары для упаковывания битумов обеспечивает высокую производительность при простой технологии налива, одновременно может заливаться до 2 т битума в 6–8 мешков по 200–250 кг [12–14]. Однако данный вид упаковки характеризуется и рядом недостатков: крафт-бумажная тара при наливке может разрываться с разливом продукта и загрязнением рабочей зоны; при высоких температурах окружающей среды в летний период болванки с битумом, упакованные в бумагу, слипаются в монолит, который для выгрузки дробят вручную; бумажная упаковка является одной из причин пожаров при перевозке битума по железной дороге; процесс удаления упаковки сопровождается образованием не утилизируемых отходов бумаги с прилипшим к ней частицам битума (теряется около 8 кг бумаги на 1 т битума), что приводит к потерям продукта и загрязнению окружающей среды твердыми отходами; потери битума при использовании крафт-бумажной тары доходят до 15% [2–10].

Металлические бочки используют для транспортирования битума на экспорт либо в отдаленные районы Севера. Вместе с тем утилизация этой тары или ее возврат практически невозможны, что приводит к большим потерям металла. Цена такой тары превышает стоимость перевозимого продукта. Так, для перевозки 1 т битума требуется 6 бочек по 200 л, при расходе металла около 200 кг, при этом в таре после опорожнения остается около 4...6% битума [11–12].

Перспективна технология упаковывания способом формирования битумной «сумки» из полиэтиленовых мешков с получением блоков или плит. Определенный объем битума инкапсулируется в битумный мешок, состоящий из битумного соединения: около 10–30% от массы битума и около 5–25% от массы полимера; у потребителя битумный состав расплавляется и полностью смешивается с расплавленным битумом без остатков, но при этом улучшаются эксплуатационные свойства товарной продукции [15]. Достоинством использования полиэтиленовой пленки в качестве упаковочного материала является возможность использования тары вместе с битумом, что снижает нагрузку на окружающую среду; уменьшает потери продукта при подготовке к использованию; повышаются показатели качества товарного битума; снижается объем ручного труда для удаления упаковки продукта; снижается риск слипания и возгорания тары и продукта [2–10].

Еще один из перспективных вариантов упаковывания строительного битума в полиэтиленовый рукав, который раздувается сжатым воздухом, позволит упаковывать битум без его предварительного охлаждения; сократить выбросы вредных веществ за счет использования герметичной тары; уменьшить затраты электроэнергии за счет использования двустадийной технологии упаковывания; сократить время погрузки и разгрузки; исключить операции утилизации тары и дробления битума; снизить загрязнение окружающей среды твердыми отходами; использовать вторичный полиэтилен в качестве тары [10].

Способ транспортировки в упакованном «холодном» виде не относится к категории «опасного груза», требующего разрешения на перевозку и специальной цистерны для темных нефтепродуктов, доставляемых при повышенной температуре (выше 100 °С). Транспортировка в упакованном «холодном» виде допускает перевозку традиционными судами, грузовиками, морскими контейнерами, не требующими обогрева груза. Однако возникают дополнительные расходы при производстве битумных материалов на их фасовку и упаковывание, складирование и хранение. При этом стоимость упаковки битума в некоторых случаях достигает 13–15% от стоимости товарного продукта, что сдерживает широкое распространение холодных поставок и их узкое использование при транспорте дорогих полимерно-модифицированных битумов и специальных строительных материалов для ответственных объектов строительства. Кроме того, способ транспортировки в упакованном «холодном» виде требует наличия у потребителей товарного битума площадок для хранения и размещения, энергозатратной установки разогрева и в некоторых случаях емкостного парка и станцией налива, что экономически оправданно при транспорте битума в отдаленные труднодоступные районы, где доставка в «горячем» виде затруднена.

Заключение. Анализ современных технологий упаковывания и транспорта нефтяного битума показал, что в настоящее время наиболее широко распространена доставка продукта в «горячем» виде автомобильным и железнодорожным транспортом с использованием цистерн и битумовозов, которые могут быть модернизированы путем применения современных теплоизоляционных материалов, дооборудованы равномерным прогревом по всему объему с нижним сливом продукта и перемешивающими устройствами. Также перспективна транспортировка битума в упакованном «холодном» виде в кластерейнерах, биг-бэгах, кубовидных контейнерах, картонно-навивных барабанах, металлических бочках, контейнерах с металлической обечайкой, мешках и композитах, изготовленных с использованием полимерных материалов. Несмотря на высокую стоимость упаковки битума для перевозки в «холодном» виде, данный способ приводит к снижению нагрузки на окружающую среду и улучшению эксплуатационных свойств товарного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газизов Р. Э., Солодова Н. Л., Вагапов Б. Р. Трубопроводный транспорт тяжелой нефти и битумов // Вестник технологического университета. – 2017. – Т. 20, № 10. – С. 17–21.

2. Шульман З.П., Коваленко П.В. Упаковывание высокозастывающих нефтепродуктов с использованием полиэтиленовой пленки и методы их транспортирования // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. – 2007. – № 8. – С. 138–144.
3. Коваленко П.В. Технология упаковывания битума и других специальных нефтепродуктов // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2012. – № 4(269). – С. 86–90.
4. Теряева З.С., Коваленко П.В., Липский В.К. Экологические аспекты технологии упаковывания битумов // Химия и технология топлив и масел. – 2003. – № 5(519). – С. 51–53.
5. Коваленко П.В. Экологические проблемы упаковывания и транспортирования твердых битумов // Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта: сб. тез. VIII междунар. науч.-техн. конф. / Новополоцк (25–28 нояб. 2014 г.). – Новополоцк: Полоц. гос. ун-т, 2014. – С. 32–34.
6. Коваленко П.В., Липский В.К., Теряева З.С. Расчет процесса охлаждения битумов при упаковывании в полиэтиленовую пленку // Безопасность и надежность трубопроводного транспорта: сб. науч. тр. / Новополоцк (20 окт. 2000 г.). – Новополоцк: Полоц. гос. ун-т, 2000. – С. 157–169.
7. Коваленко П.В. Исследование реологических свойств битумных композиций // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Прикладные науки. Строительство. – 2007. – № 6. – С. 101–106.
8. Коваленко П.В. Моделирование процесса охлаждения битума при упаковывании в полиэтиленовую пленку // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С, Фундаментальные науки. – 2006. – № 10. – С. 170–173.
9. Коваленко П.В. Исследование свойств битумно-полимерных композиций // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Прикладные науки. Промышленность. – 2008. – № 2. – С. 128–133.
10. Коваленко П.В. Процессы упаковывания высокозастывающих нефтепродуктов в полиэтиленовую пленку и методы их транспортирования // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Прикладные науки. Промышленность. – 2004. – № 12. – С. 162–170.
11. Зубков П.О. Классификация и способы транспортировки битумов // EurasiaScience: сб. ст. XXI междунар. науч.-практ. конф. / Москва (15 мая 2019 г.). – М.: Актуальность.РФ – С. 64–66.
12. Зубков П.О. Классификация битумов способы транспортировки битумов // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство: сб. науч. ст. по итогам 6-й междунар. науч. конф. В 2 ч. / Казань (31 июля 2019 г.). – М.: КОНВЕРТ, 2019. – Ч. 1. – С. 135–138. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=40868157&ysclid=mo46g7j41p808824775>.
13. Аскаров Р.М., Небратенко Д.Ю. Анализ применяемых вариантов затаривания дорожного битума // Вестник КРСУ. – 2022. – Т. 22, № 12. – С. 40–48.
14. Новое в технологии производства битумных материалов / А.А. Гуреев, В.А. Сомов, А.И. Луговской и др. // Химия и технология топлив и масел. – 2000. – № 2. – С. 49–51.
15. Коновалов А.А., Гуреев А.А., Олтырев А.Г. О создании комплексного производства битумных материалов // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2002. – № 3. – С. 18–24.
16. Recycling of low-value packaging films in bitumen blends: A grey-based multi criteria decision making approach considering a set of laboratory performance and environmental impact indicators / S. Nizamuddin, M. Jamal, F. Giustozzi et al. // Science of The Total Environment. – 2021. – Vol. 778. – 146187. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146187

Поступила 06.04.2026

MODERN TECHNOLOGIES FOR PACKAGING AND TRANSPORTING OIL BITUMEN

P. KOVALENKO, Y. BULAUKA
(*Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk*)

The article presents the results of an analysis of modern technologies for packaging and transporting petroleum bitumen. It has been established that the most common method of shipping the product "hot" by road and rail is tank cars and bitumen tankers. These can be modernized with modern thermal insulation materials, equipped with uniform heating throughout the entire volume, a bottom discharge, and mixing devices. Also promising is the transportation of bitumen in "cold" packaging in clovertainers, big bags, cube-shaped containers, cardboard-wound drums, metal barrels, metal-shell containers, bags, and composites made using polymer materials. Despite the high cost of packaging bitumen for "cold" transportation, this method reduces the environmental impact and improves the performance properties of the finished product.

Keywords: *petroleum bitumen, high-freezing petroleum products, transportation, packaging, clovertainer, polymer-bitumen binder, polymer-modified bitumen.*