

УДК 691.168

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА ХРАНЕНИЯ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

^{1,2}Исмаилов А.М.

¹Политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург,

e-mail: ismailov-aleksei@mail.ru;

²ООО «BauBerg», Санкт-Петербург

В статье рассматриваются условия и способы организации хранения минеральных материалов и асфальтобетонного гранулята при производстве асфальтобетонных смесей для строительства гидротехнических сооружений и автомобильных дорог. Рассмотрены основные факторы качества и схема технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей в автоматизированной смесительной установке. Приведены технологические решения по обеспечению требуемого качества хранения исходных компонентов для производства асфальтобетонных смесей. Проанализированы способы штабелированного хранения минеральных материалов в целях предотвращения процессов их сегрегации. Дана характеристика способов штабелирования минеральных материалов с обоснованием методов их выгрузки и непосредственного формирования штабелей с применением бульдозера, фронтального погрузчика, бульдозера и стационарного транспортера. Обосновано, что наиболее эффективным технологическим решением по обеспечению требуемого качества хранения минеральных материалов и асфальтобетонного гранулята является штабелирование с применением поворотных и телескопических автоматизированных транспортеров.

Ключевые слова: технологические процессы, технологические решения, асфальтобетонная смесь, асфальтобетонный гранулят, сегрегация, гидротехнические сооружения, автомобильные дороги, контроль качества

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR PROVIDING THE REQUIRED QUALITY OF STORAGE OF INITIAL COMPONENTS FOR PRODUCTION OF ASPHALT-CONCRETE MIXTURES

^{1,2}Ismailov A.M.

¹Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg,

e-mail: ismailov-aleksei@mail.ru;

²ООО «BauBerg», Saint-Petersburg

The article considers the conditions and ways of organizing the storage of mineral materials and asphalt concrete granules in the production of asphalt concrete mixtures for the construction of hydraulic structures and highways. The main quality factors and the scheme of the technological process for the preparation of asphalt-concrete mixtures in an automated mixing plant are considered. Technological solutions for providing the required quality of storage of the initial components for the production of asphalt-concrete mixtures are presented. The methods of stacked storage of mineral materials have been analyzed to prevent segregation processes. The characteristic of ways of stacking of mineral materials with a substantiation of methods of their unloading and direct formation of stacks with application of the bulldozer, the front loader, the bulldozer and a stationary conveyor is given. It is substantiated that the most effective technological solution for ensuring the required quality of storage of mineral materials and asphalt-concrete granulate is stacking with the use of rotary and telescopic automated conveyors.

Keywords: technological processes, technological solutions, asphalt-concrete mixture, asphalt-concrete granulate, segregation, hydraulic structures, roads, quality control

Гидротехнические сооружения, в особенности плотины крупных водохранилищ, которые помимо основных функций используются в качестве автомобильных дорог, являются неотъемлемой частью транспортной системы страны. Эффективная и безопасная работа таких объектов влияет на экономическое развитие, обороноспособность и национальную безопасность, а также благосостояние общества. Неудовлетворительное состояние плотин водохранилищ, шлюзов, каналов и транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог, проложенных по плотинам, снижает экономическую эффективность хозяйству-

ющих субъектов и усиливает разобщенность российских регионов, подрывает единое экономическое пространство России. Так, например, плотина Нижегородской гидроэлектростанции на реке Волге у города Заволжье в Городецком районе Нижегородской области, общей длиной 18,6 км является важным инфраструктурным объектом комплексного назначения, решающим, помимо выработки электроэнергии, задачи водного и автомобильного транспорта, водоснабжения, рекреации. Поэтому решение ОАО «РусГидро», владельца Нижегородской ГЭС, о ремонте и реконструкции автодорожного моста, который пролегает

по плотине и соединяет города Заволжье и Городец, находящиеся по обе стороны реки Волги, вызвало серьезные проблемы в транспортном обеспечении жизнедеятельности Городецкого и прилегающих к нему районов Нижегородской области. Затрудненное движение на плотине сказалось на развитии экономики региона, значительно пострадали сельхозпредприятия и предприятия пищевой промышленности. В связи со снижением транспортной доступности возник отток работников с организаций и предприятий, снизились объемы автомобильных грузовых и пассажирских перевозок.

Состояние плотин водохранилищ с размещенными на них объектами дорожной инфраструктуры требует коренного улучшения качества проектирования, строительства, реконструкции, ремонта и содержания объектов гидротехники и автомобильных дорог. Во многом критическое состояние этих сооружений, их низкая долговечность, преждевременные разрушения и отказы объясняются недооценкой роли показателей качества и физико-механических свойств применяемых материалов, нарушениями и недостаточной разработанностью технологий их производства и хранения, несовершенством технологического оборудования, а также научно-методической базы учета рисков при проектировании и строительстве [1].

При строительстве, ремонте и реконструкции гидротехнических сооружений и объектов дорожной инфраструктуры широко применяются асфальтобетонные смеси. Качество укладываемых асфальтобетонных смесей (АБС) зависит от многих факторов (рис. 1). Прежде всего, к ним следует отнести качество исходных материалов для приготовления, технологии производства и хранения готовой продукции, способов транспортирования к месту укладки, а также уровень технической оснащенности и организации работы дорожно-строительных организаций [2]. Иными словами, качество асфальтобетонов многоаспектно и зависит, как и качество любой другой продукции, от выполнения требований к его обеспечению на всех этапах жизненного цикла (рис. 2).

Наиболее ответственным этапом процесса управления качеством асфальтобетонных смесей является обеспечение качества исходных инертных материалов (щебень, гравий и отсеивы дробления) и организации их хранения. В действующих документах технического регулирования производства асфальтобетонных смесей [3–5] не регламентируются вопросы обеспечения надлежащего качества компонентов для

приготовления асфальтобетонов. Анализ технологии производства асфальтобетонных смесей на асфальтобетонных заводах Санкт-Петербурга выявил, что решению задачи, заключающейся в обеспечении требуемого качества хранения инертных материалов, не уделяется соответствующего внимания. Существующие методические рекомендации по снижению фракционной сегрегации асфальтобетонных смесей устанавливают методику определения фракционной сегрегации уже приготовленного асфальтобетона [6–8]. Только на АО АБЗ «Магистраль» разработан технологический регламент ТР 03218337.001-2012 на технологические процессы приемки и складирования инертных каменных материалов. Документ регламентирует порядок приёмки каменных инертных материалов и их складирования, а также организацию контроля качества на всех этапах производственного цикла. Однако отсутствие научного анализа причин и последствий влияния условий хранения ингредиентов АБС на качество асфальтобетонов не позволило авторам документа в должной мере стандартизировать обращение с исходными компонентами [9]. Следует отметить, что процесс сегрегации зернистого материала (расслоение, стратификация, фракционирование) при механическом воздействии до сих пор не имеет удовлетворительного теоретического объяснения [10–12]. Поэтому предусмотренные в техническом регламенте нормы не отличаются однозначностью и не учитывают последствий расслоения инертных материалов в зависимости от массогабаритных характеристик и гранулометрического состава, а также способов их складирования. Анализ условий хранения инертных материалов и приготовления асфальтобетонных смесей на АБЗ предприятий Санкт-Петербурга и Ленинградской области позволил выявить основные направления повышения качества этих процессов и предложить некоторые технологические решения.

Прежде всего, к основным направлениям повышения качества хранения фракционированного щебня, гравия, отсеивов дробления и производства асфальтобетонных смесей следует отнести разработку технологических решений по предотвращению сегрегации минеральных материалов. Гравитационное разделение и местное изменение гранулометрического состава минеральных материалов возникает в результате отдельных перемещений частиц крупной и мелкой фракций в процессе хранения и транспортирования исходных компонентов АБС. При их хранении эту проблему

можно свести к минимуму путем создания штабелей, которые формируются не навалом в конус, а устройством последовательных слоев в штабеле. Создание слоистой системы хранения инертных материалов предотвращает ссыпание с вершины штабеля больших объемов крупных частиц и расслоение зернистой среды. Это обеспечивает равномерное распределение частиц разного гранулометрического состава по всему объему штабеля. Создание складов штабелиро-

ванного хранения минеральных материалов возможно несколькими способами:

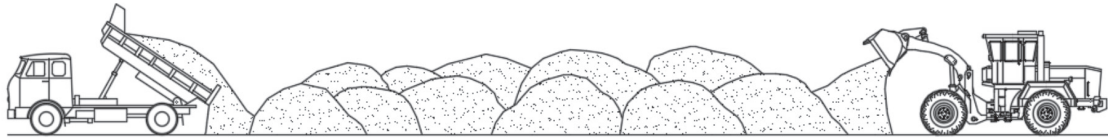
- устройство штабеля самосвалами и фронтальным погрузчиком;
- устройство штабеля самосвалами и бульдозером;
- устройство штабеля бульдозером и стационарным транспортером;
- устройство штабеля специализированными транспортерами (поворотные, телескопические и переменной высоты).



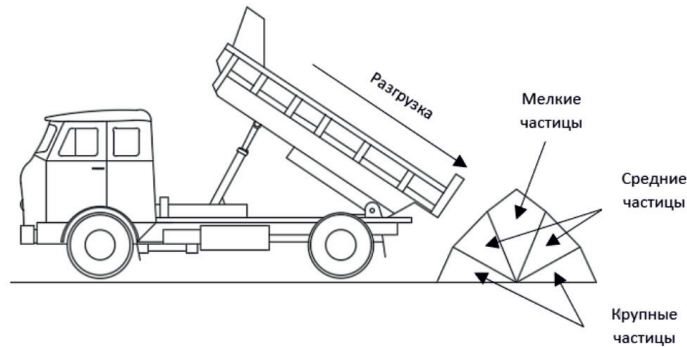
Рис. 1. Основные факторы качества асфальтобетонных смесей



Рис. 2. Принципиальная схема технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей на АСУ



а) Выгрузка и формирование штабеля



б) Схема возможного расслоения



в) Схема работы фронтального погрузчика исходных компонентов

Рис. 3. Принципиальная схема технологического процесса формирования штабеля минеральных материалов самосвалами и фронтальным погрузчиком

Практика показывает, что при формировании штабеля автосамосвалами (рис. 3) необходимо минимизировать расстояния между отдельными кучами. При разгрузке минерального материала автосамосвалами возникает его расслоение (рис. 3, а). Фронтальный погрузчик должен перемешать материал для уменьшения расслоения, врезаясь в штабель и располагая ковш на небольшом расстоянии от основания (рис. 3, б), и затем, поднимая ковш до полной высоты стрелы, высыпать материал, чтобы устранить сегрегацию материала при формировании слоя штабеля. При этом необходимо устраивать небольшой уклон ($10-12^\circ$) для возможности завоза материала в следующий слой штабеля.

Еще в большей степени препятствует сегрегации устройство многослойного

штабеля (рис. 4) за счет увеличения силы сегрегационного сопротивления от относительного расстояния между частицами при их стесненном падении. Этот вариант штабеля эффективнее формировать с помощью бульдозера. Если минеральный материал доставляется к штабелю автосамосвалами, то бульдозер должен подтолкнуть материал по наклонным слоям. При формировании штабелей с помощью транспортеров бульдозер должен продвинуть материал в горизонтальном направлении (рис. 5). В любом случае необходимо обеспечить, чтобы бульдозер не подъезжал к краю конуса ближе, чем на 2–3 метра. Несоблюдение этого правила приводит к гравитационному ссыпанию материалов, что является одной из основных причин сегрегации.

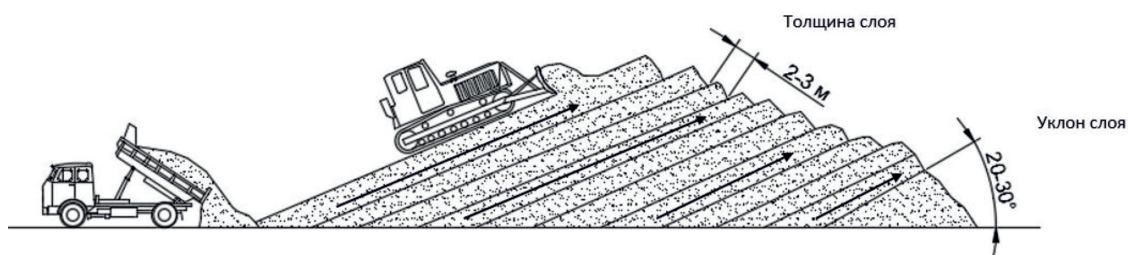


Рис. 4. Принципиальная схема технологического процесса формирования штабеля минеральных материалов самосвалами и бульдозером

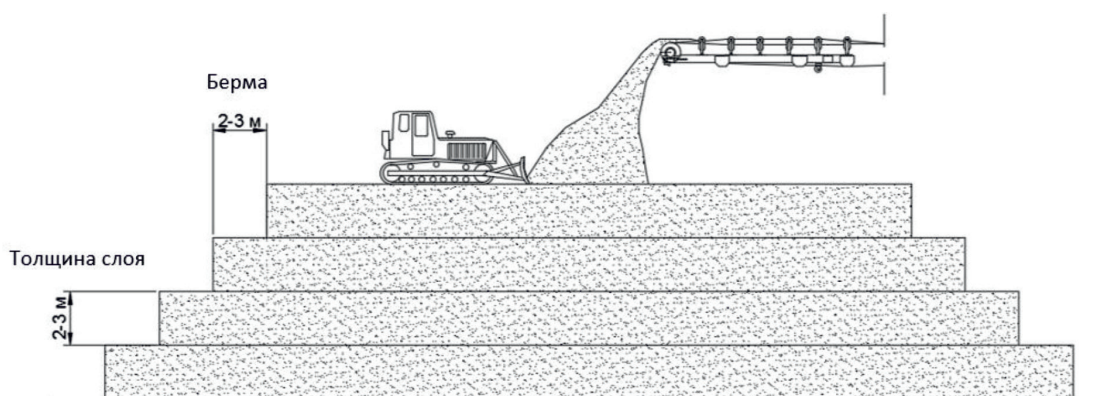


Рис. 5. Принципиальная схема технологического процесса формирования штабеля минеральных материалов бульдозером и стационарным транспортером

Основными недостатками формирования штабелей минеральных материалов бульдозером являются: дробление материала под воздействием гусениц и, как следствие, изменение гранулометрического состава; загрязнение материала вследствие движения по нему.

Чтобы исключить негативное влияние применения бульдозеров при формировании штабелей минеральных материалов целесообразно использовать технологические решения, основанные на применении телескопических радиальных транспортеров переменной высоты разгрузки.

При обеспечении качества процессов хранения минеральных материалов следует учитывать, что существует прямая зависимость между высотой свободного падения минерального материала с транспортера и степенью сегрегации. В свою очередь степень сегрегации зависит от высоты падения инертного материала (величины силы разлета, $F_{\text{разлета}}$). В таблице приведены данные экспериментальных исследований зависимости силы разлета для частиц разного размера и массы от высоты

падения. Как видно из таблицы, на частицы одной и той же фракции при разной высоте падения действует разная сила, значение которой влияет на расслоение материала в штабеле. На рис. 6 проиллюстрирована зависимость величины силы разлета от высоты падения в форме графика. Из таблицы и графика следует, что сила разлета, действующая на частицы инертного материала одной и той же массы в момент падения, зависит от высоты и может быть рассчитана по зависимости

$$F = \frac{m \times \sqrt{2 \times g \times h}}{t},$$

где F – сила разлета, Н; m – масса частицы, кг; g – ускорение, придаваемое телу силой тяжести, м/с^2 ; h – высота падения частицы, м; t – время падения, с.

Поэтому наиболее предпочтительно использовать телескопические транспортеры переменной высоты. Применение таких транспортеров для устройства штабелей является эффективным способом предотвращения сегрегации материала.

Данные экспериментальных исследований по определению силы разлета инертных материалов в зависимости от высоты падения

п/п	Высота падения, м	Частицы	Содержание, %	Средняя масса, г	F разлета, Н
Группа 1	5	Крупные	7,5	6,12	60,6
Группа 1		Средние	80,0	4,53	14,3
Группа 1		Мелкие	12,5	2,30	7,3
Группа 2	4	Крупные	7,5	6,12	54,2
Группа 2		Средние	80,0	4,53	12,8
Группа 2		Мелкие	12,5	2,30	6,5
Группа 3	3	Крупные	7,5	6,12	46,9
Группа 3		Средние	80,0	4,53	11,1
Группа 3		Мелкие	12,5	2,30	5,6
Группа 4	2	Крупные	7,5	6,12	38,3
Группа 4		Средние	80,0	4,53	9,1
Группа 4		Мелкие	12,5	2,30	4,6
Группа 5	1	Крупные	7,5	6,12	27,1
Группа 5		Средние	80,0	4,53	6,4
Группа 5		Мелкие	12,5	2,30	3,3

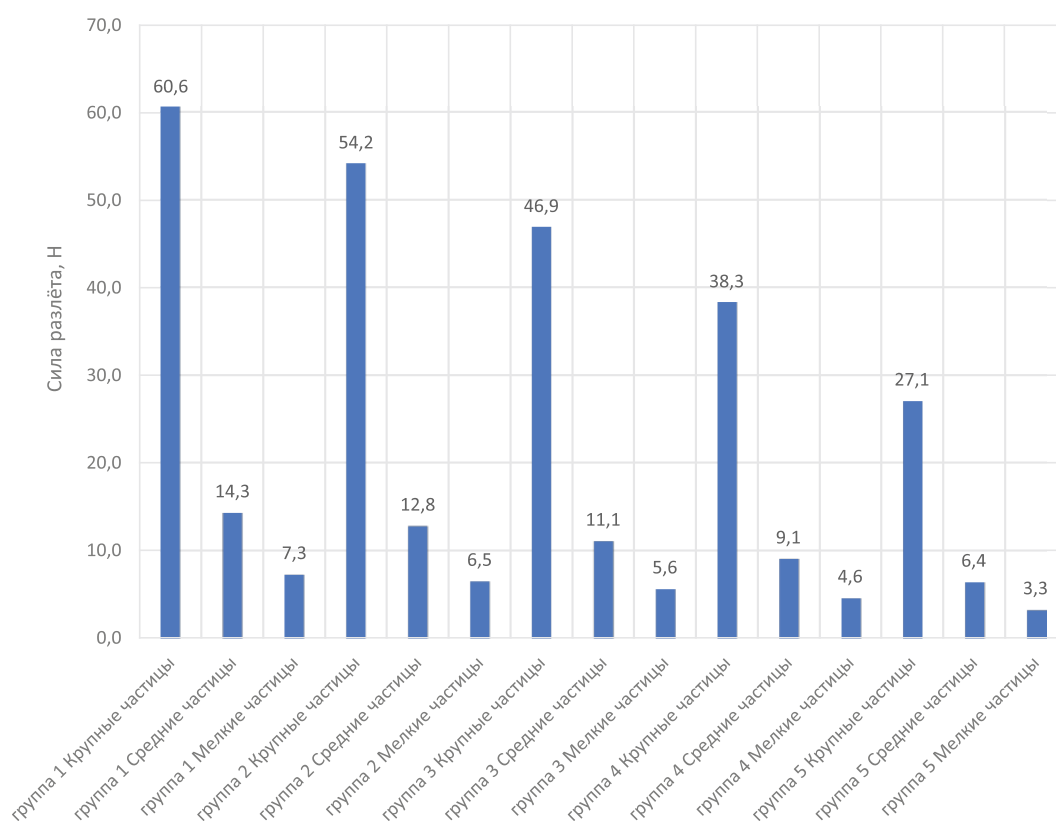


Рис. 6. Диаграмма зависимости силы разлета разногабаритных частиц инертного материала от высоты падения

На начальных этапах формирования штабеля транспортер находится в самом нижнем положении, обеспечивая минимальную высоту падения, по мере увеличения объема штабеля высота падения ми-

нерального материала остается постоянной (рис. 7). Наряду с этим, данный способ обладает всеми другими положительными качествами поворотных транспортеров (радиальных).

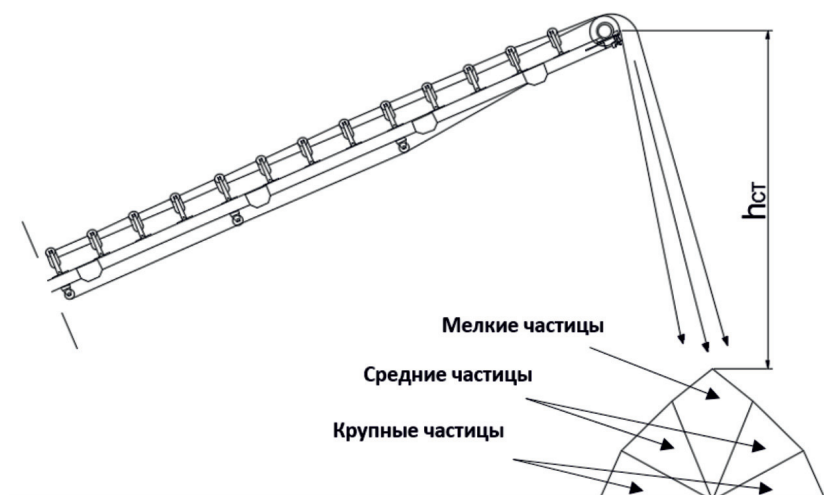


Рис. 7. Принципиальная схема расслоения минерального материала в штабеле с применением транспортера

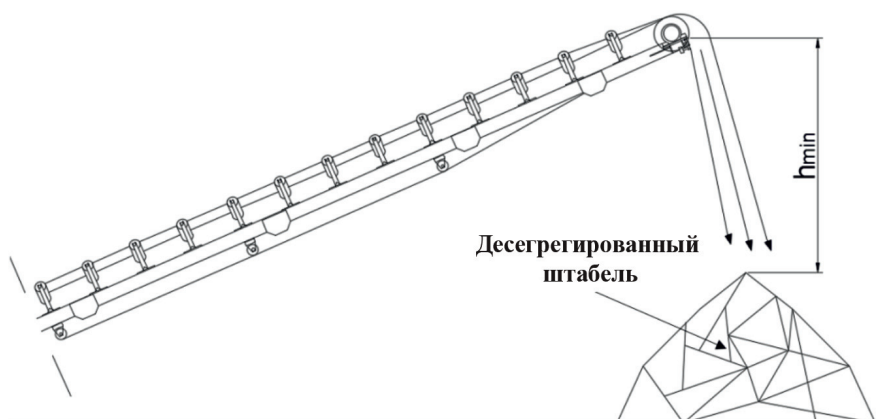


Рис. 8. Принципиальная схема десегрегированного штабеля, устроенного телескопическим транспортером вследствие снижения высоты падения материала

Используя телескопический транспортер, можно формировать многослойные «правильные» штабеля. Чтобы исключить сыпание минеральных материалов в многослойном штабеле и исключить сегрегацию, для каждого вышележащего слоя должна быть уменьшена его площадь относительно нижележащего (рис. 9).

Процесс складирования минеральных материалов изменяется при формировании второго слоя штабеля. Посредством перемены вылета телескопической части транспортера и размещением сыпных лотков на радиус конусного штабеля обеспечивается штабелирование, исключая сегрегацию. Это достигается изменением геометрии вылета телескопической части транспортера на одинаковое расстояние по оси

расположения сыпных лотков, как правило, на «радиус» конусного штабеля. Такой подход к формированию штабеля предотвращает сыпание крупных частиц книзу и расслоение материала по откосу формирующегося штабеля.

При создании третьего слоя расстояния до сыпных лотков снова корректируются на величину радиуса подошвы конуса. Это предотвращает пересыпания материала по откосу второго слоя штабеля и скатывание крупных частиц вниз по передней и задней части конуса до основания (земли). По мере увеличения числа слоев формируемого штабеля телескопический вылет транспортера уменьшается. Вследствие этого каждый слой штабеля будет уже, чем нижележащий слой.

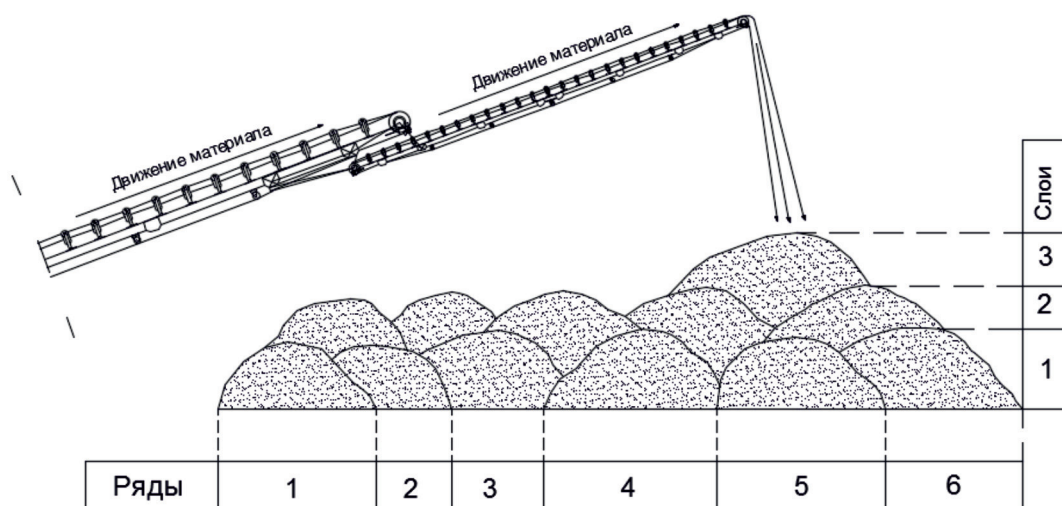


Рис. 9. Принципиальная схема формирования многослойного штабеля телескопическими радиальными транспортерами переменной высоты разгрузки

Поперечное сечение десегрегированного штабеля, составленного из нескольких слоев, исключает ссыпание и расслоение материала. Общий объем материала ниже, чем в штабелях, устроенных навалом, однако гранулометрический состав материала остается однородным по всему объему. Качество материала в таком штабеле значительно лучше, чем в штабелях, устроенных навалом, главным образом из-за отсутствия расслоения материала и его разрушения движением техники по штабелю.

В заключение следует отметить, что применение поворотных и телескопических транспортеров при устройстве штабелей хранения минеральных материалов является более предпочтительным способом создания их десегрегированного запаса. При этом обеспечивается снижение затрат труда, материально-технических и топливно-энергетических ресурсов, а также неблагоприятного воздействия на окружающую среду. По сравнению с другими технологическими решениями достигается более высокое качество материалов и стабильные режимы работы АСУ при производстве асфальтобетонных смесей. Альтернативные технологические решения отличаются большими трудозатратами и сложностью применяемого оборудования. К этому следует добавить, что эквивалентное качество хранения исходных компонентов АБС недостижимо иными существующими методами. Предлагаемые технологии автоматизации транспортерных операций предоставляют возможность максимизации

объемов производства высококачественных асфальтобетонных смесей при одновременном сокращении или устранении трудоемких операций. Это позволит производить асфальтобетонные смеси, которые будут соответствовать нормативно-техническим показателям и более строгим требованиям заказчика. Более детальная проработка и выполнение полномасштабных экспериментальных исследований способов складирования инертных материалов обеспечит возможность создания нормативно-технической документации и технического регулирования вопросов организации хранения исходных инертных компонентов для производства асфальтобетонных смесей.

Естественно, предложенные в статье технологические решения носят концептуальный характер и требуют проведения дальнейших исследований в направлении повышения эффективности применения материалов, машин, оборудования, установок, инструментов, транспортных средств, систем автоматизации для производства асфальтобетонов. В целях повышения их качества необходимо совершенствование, теоретическое, экспериментальное и технико-экономическое обоснование технологических процессов, методов и форм организации производственной базы. Прежде всего, требуется разработка концептуального подхода к управлению качеством технологических процессов приготовления и транспортировки асфальтобетонных смесей для строительства транспортных и гидротехнических сооружений на основе

теории рисков. Основными компонентами такого подхода должны стать средства математического и физического моделирования способов производства асфальтобетонных смесей. К ним следует отнести: оптимизационно-квалиметрическую модель подбора исходных компонентов для приготовления асфальтобетонных смесей требуемого качества; метод обоснования частоты и объемов поставки битума для приготовления асфальтобетонных смесей требуемого качества; оптимизационно-квалиметрическую модель процесса проектирования асфальтобетонных смесей требуемого качества.

Список литературы

1. Ермошин Н.А., Лазарев Ю.Г. Управление техническими рисками при проектировании и строительстве автомобильных дорог в кн.: Материалы IV Международной научно-практической конф., Москва, 26–27 сентября 2014. – С. 73–77.
2. Ермошин Н.А. Проектирование производственной структуры дорожно-строительных организаций с учетом неопределенности структурообразующих факторов [Текст] / Н.А. Ермошин // Дороги и мосты. – 2012. – Т. 27. – С. 32–41.
3. ГОСТ Р 54401-2011. Дороги автомобильные общего пользования. Асфальтобетон дорожный литой горячий. Технические требования [Текст]. – Введ. 2012 – 05 – 01. – М.: Стандартинформ, 2012. – 19 с.
4. СТО НОСТРОЙ 2.25.39-2011. Устройство асфальтобетонных покрытий из литого асфальтобетона [Текст]. – Введ. 2011 – 12 – 05. – М.: Изд-во «БСТ», 2011. – 28 с.
5. СТО НОСТРОЙ 2.25.40-2011. Устройство асфальтобетонных покрытий из холодного асфальтобетона [Текст]. – Введ. 2011 – 12 – 05. – М.: Изд-во «БСТ», 2011. – 26 с.
6. Васильев А.М. Сегрегация мелкозернистых материалов при гравитационном обогащении [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.13: защищена 21.05.2007: утв. 05.08.2008 / Васильев Антон Михайлович. – СПб., 2007. – 185 с.
7. ОДМ 218.3.016-2011. Методические рекомендации по снижению фракционной сегрегации асфальтобетонных смесей [Текст]: офиц. текст. – М.: ФГУП «ИНФОРМАВТО-ДОР», 2012. – 12 с.
8. Радовский Б.С. Сегрегация асфальтобетонных смесей и методы борьбы с ней в США [Текст] / Б.С. Радовский // Дорожная техника. – 2007. – С. 26–40.
9. Заяц О.И., Баданин А.Н. Проблемы применения теории зернистых сред в строительстве // Интернет-журнал «Строительство уникальных зданий и сооружений». – 2012. – № 1. – С. 22–27.
10. Jon A.E. Guide to the construction of pavements from hot asphalt concrete [Текст] / A.E. Jon, D. Buser Robert // National Asphalt Pavement Association. – 2000. – P. 62–67.
11. Thomas W. Segregation in Asphalt Mixtures Produced in Drum Mix Plants [Текст] / W.T. Kennedy, R.J. Holmgreen // Transportation Research Board National Research Council. – 1986. – P.10–13.
12. СТО НОСТРОЙ 2.25.38-2011. Устройство асфальтобетонных покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона [Текст]. – Введ. 2011 – 12 – 05. – М.: Изд-во «БСТ», 2011. – 31 с.