

**Процесс обработки воздуха в холодный период года с рекуператором пластинчатым, рециркуляция и увлажнение паром (рис 9 и 10).** Линия НК характеризует процесс изменения состояния воздуха в рекуператоре, где нагревается воздух за счет отбора тепла у воздуха, уходящего из помещения без смешивания его с наружным. Точка К характеризует состояние воздуха на выходе из рекуператора.

Линия КУ является линией смеси рециркуляционного и наружного воздуха. На линии КУ отмечаем точку С — точку смешения воздуха (точка С делит отрезок КУ на отрезки, длина которых обратно пропорциональна количеству воздуха в смеси), следовательно, линия КС характеризует процесс смешения воздуха в камере смешения. После воздух поступает в пароувлажнитель, линия СП характеризует увлажнение воздуха в пароувлажнителе.

Линия ПВ — изменение состояния воздуха в помещении.

Для сравнения сведем результаты расчетов в таблицу 1.

**Таблица 1** – Характеристика процессов обработки воздуха

Период года	Процесс	$Q_I$ , кДж/ч	$Q_{II}$ , кДж/ч	$Q_{ф.о.}$ , кДж/ч	$W$ , кг/ч
ХП	1	Оптимальные условия работы камеры орошения не выдерживаются			
	2	233977	73718		32,05
	3		15224,5		
	4				
	5				6,4

Исходя из полученных данных, выбираем самый менее энергозатратный технологический процесс.

Первый и второй процесс являются прямоточными, это значит, что, воздух, уходящий из помещения, выбрасывается наружу, а это является экономически не целесообразным. Так же в первом процессе не выдерживаются оптимальные условия работы камеры орошения. Процесс с первой рециркуляцией и нагрева в воздухонагревателе второго подогрева также не подходит, т. к. количество рециркуляционного воздуха, участвующего в процессе, превышает максимально допустимое. Получаем, что процессы обработки воздуха с ротационным рекуператором и рекуператором пластинчатым являются подходящими. Выбираем из двух процессов менее энергозатратный — процесс обработки воздуха с ротационным рекуператором и рециркуляцией.

УДК 625.06/.07(075.8)

*Гришко А.С., Ясутчик М.И.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Левчук Н.В.*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ БРЕСТСКОГО МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА В КАЧЕСТВЕ АКТИВИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ В АСФАЛЬТОБЕТОНЫ**

Совокупность применения ресурсо- и энергосберегающих методов подготовки щебня, песка, минерального порошка и битума, их смешивания, является важной целью в технологии получения готовых монолитных дорожных композиций с заданными свойствами.

Поставленная цель может быть достигнута при поэтапной организации процессов структурообразования асфальтобетона.

На первом подготовительном этапе производится проектирование состава асфальтобетонной смеси, при соответствии свойств асфальтобетона нормативным требованиям. На двух следующих этапах происходит процесс перехода формирования асфальтобетона от микроструктуры до макроструктуры. Четвертый этап характеризуется стабилизацией свойств, необходимых для периода эксплуатации композита.

В течение подготовительного периода осуществляют выбор, подготовку компонентов и проектирование состава асфальтобетона. Проектирование асфальтобетона — это комплексный процесс, позволяющий правильно назначить вид и соотношение его компонентов, т. е. состав, максимально обеспечивающий прочность и долговечность дорожного покрытия.

Расчет состава асфальтобетона состоит из следующих операций:

- 1) расчет состава минеральной части;
- 2) расчет оптимального количества битума;
- 3) приготовление и испытание контрольной смеси.

Определение оптимального содержания битума. На основе результатов расчета состава минеральной части асфальтобетонной смеси делают несколько (обычно три) замесов смесей с различным содержанием битума в рекомендуемых СТБ 1033-2004 пределах. Образцы, изготовленные из смесей, подвергают испытанию для получения зависимости водонасыщения и предела прочности асфальтобетона при сжатии при температуре 50°C от содержания битума.

Во втором основном периоде происходит формирование микроструктурных связей. Он включает подогрев минеральных материалов и битума до заданной температуры, перемешивание всех компонентов и транспортирование смеси к месту укладки. Основная задача технологии получения однородной асфальтобетонной смеси — разрушение первичных точечных контактов между частицами, равномерное распределение всех компонентов в объеме смеси и полное обволакивание минеральных зерен битумом. При транспортировании смеси происходит дальнейшее распределение битума в ее объеме. При длительной перевозке возможно расслоение, поэтому в этом случае лучше всего перевозить смесь в автомобилях-мешалках.

Процесс приготовления асфальтобетонной смеси предусматривает равномерное распределение вяжущего и полное покрытие каждого минерального зерна пленкой битума, что значительно влияет на прочность, устойчивость и долговечность покрытия.

При неполном покрытии минеральных зерен битумной пленкой (из-за недостатка битума в смеси) асфальтобетон интенсивно разрушается во влажной среде вследствие того, что вода проникает через открытые места на зернах под битумную пленку и вытесняет (отслаивает) ее с минеральной поверхности заполнителей.

Избыток битума также нежелателен: его неоптимальное количество ухудшает распределение вяжущего в объеме смеси за счет миграции части битума при уплотнении смеси из зон повышенного напряжения.

Поэтому важно знать поверхность минеральных компонентов смеси, которая должна покрываться битумной пленкой

Толщина битумной пленки на минеральных зернах взаимосвязана также с вязкостью бетона: от марки БНД 90/130 до БНД 200/300 толщина пленки на зернах уменьшается на 10%.

Взаимодействие битума с минеральными частицами в асфальтобетоне включает следующие два основных процесса: физический и химический (хемосорбционный).

*Физическое взаимодействие* битума с минеральными материалами обусловлено способностью вяжущего адсорбироваться на поверхности минеральных зерен и фильтровать их.

*Химическое взаимодействие* битума с минеральными компонентами характерно при контактом взаимодействии минеральных материалов из карбонатных горных пород (у которых поверхностный заряд положительный) с битумами, содержащими анионактивные ПАВ (асфальтогеновые, нафтеновые кислоты и т. п.), имеющими отрицательный электрический заряд. Такие контакты приводят к образованию на границе раздела фаз новых прочных химических соединений, способствующих образованию устойчивых хемосорбционных адгезионных контактов.

Между известняком и битумом, содержащим, например, асфальтогеновые кислоты, происходит реакция с образованием кальциевых мыл:



где RCOOH — асфальтогеновая кислота; Ca(RCOO)<sub>2</sub> — кальциевое мыло, которое нерастворимо в воде.

В этом случае битумные пленки, образованные на поверхности минеральных частиц, становятся полностью *гидрофобными*.

При объединении битума с кислыми минеральными материалами, богатыми кремнеземом (SiO<sub>2</sub>), частицы которого имеют на поверхности отрицательный электрический заряд, хемосорбционные адгезионно-устойчивые соединения не образуются. В этом случае прочность сцепления битумной пленки и поверхности кислых материалов понижена, особенно в присутствии воды, так как адгезионный контакт обусловлен только слабыми силами физической адсорбции. Для усиления адгезии битума к кислым минеральным материалам (гранитный щебень, кварцевые пески) в смесь вводят катионактивные ПАВ. Только тогда возможно образование прочных химических соединений.

В третьем завершающем периоде формируется макроструктура асфальтобетона. Устойчивая структура асфальтобетона определяется энергетическими связями на поверхности раздела его твердых и жидких компонентов. Связи между компонентами в асфальтобетонах (по П. А. Ребиндеру) классифицируются по типу образующихся структур: коагуляционной, конденсационной и кристаллизационной.

При положительных температурах для пластичных асфальтобетонов наиболее типична *коагуляционная* структура, для жестких — *конденсационная*. В области достаточно низких отрицательных температур почти для всех асфальтобетонов характерна *кристаллизационная* или *конденсационно-кристаллизационная* структура. Основным признаком таких структур является реологическое состояние асфальто-вяжущего вещества в контактном слое между заполнителями асфальтобетона.

Этот период включает укладку и уплотнение асфальтобетонной смеси, в результате чего происходит формирование макроструктурных связей и интенсивное сближение зерен смеси до максимальной плотности покрытия.

При сближении частиц свободный битум выжимается из зон повышенного уплотняющего напряжения. Он заполняет пустоты межзернового пространства и на поверхности минеральных частиц формируется пленка структурированного битума. При этом коагуляционные связи в асфальтобетоне упрочняются, а прочность уплотняемого слоя покрытия возрастает.

Последний эксплуатационный период характеризуется дальнейшим формированием структуры асфальтобетона в результате доуплотнения покрытия под воздействием движения автомобилей. Процесс доуплотнения связан с увеличением вязкости битума вследствие упрочнения структурных связей на границе раздела минеральный материал — вяжущее (происходит уменьшение содержания масел, структурирование смол). На поверхности крупных заполнителей из горных карбонатных пород протекают процессы стабилизации структурированного битума за счет появления необратимых новообразований в зоне контакта. При этом «не остается» свободного битума, испытывающего окисление атмосферными факторами.

Необходимо отметить, что выявление структурных особенностей асфальтобетона имеет большое практическое значение: зная эффективный метод регулирования структуры, можно существенно улучшать свойства этого материала. Причем особое значение это приобретает при использовании некондиционных компонентов в асфальтобетоне.

Добавление ПАВ в асфальтобетонные смеси улучшает сцепление битума с минеральными материалами, повышает морозостойкость асфальтобетона, уплотняемость асфальтобетонных смесей.

Применяют ПАВ двух классов: катионные и анионные. К *катионным* ПАВ относятся соли высших алифатических аминов. Наиболее доступен БП-3 — продукт на основе полиэтиленполиамина и синтетических жирных кислот. В зависимости от петрографического состава каменных материалов в битум вводится 0,5...1,5% по массе БП-3. Наиболее употребляемые *анионные* ПАВ — смола госсиполовая (хлопковый гудрон), гудрон жировой и др., которые вводят в битум в количестве 3...7% по массе.

Для улучшения сцепления битума с гранитом и другими кислыми породами используют катионные ПАВ, с известняками — анионные.

*Модифицирующие добавки* можно условно разделить на три группы: адгезионные, полимерные, активирующие.

*Адгезионные присадки* повышают сцепление битума с поверхностью минерального материала и обеспечивают соответствие нормативным документам показателей плотного асфальтобетона по коэффициентам морозостойкости после 50 циклов замораживания-оттаивания и водостойкости при длительном водонасыщении в агрессивной среде после 28 суток без ухудшения предела прочности при сдвиге при температуре 50°C.

*Модифицирующие полимерные добавки*, применяемые в дорожных битумах для повышения сдвигоустойчивости и трещиностойкости асфальтобетона, должны соответствовать требованиям нормативных документов. Битумы с полимерными добавками должны соответствовать требованиям нормативных документов на модифицированные битумы.

В настоящее время установлена возможность (Я.Н. Ковалев, С.С. Будниченко) применения в асфальтобетоне торфа как активирующей добавки с целью увеличения прочности адгезионной связи в системе «битум — минеральный заполнитель». Суть заключается в том, что поверхность горячих заполнителей (после сушильного барабана), взаимодействуя в смесителе с торфяной добавкой, приводит к ее термической деструкции, а выделенные при этом газообразные продукты активируют поверхности заполнителей и увеличивают их адгезионную активность к битуму.

Для приготовления щебеночно-мастичных смесей в качестве *стабилизирующей добавки* следует применять целлюлозные волокна или гранулы на их основе.

Указанные структурные состояния АБ в той или иной степени учитываются при проектировании его составов. Объяснение механизма сопротивления асфальтобетона транспортным нагрузкам и погоднo-климатическим факторам способствует обеспечению требуемого качества дорожных асфальтобетонных покрытий.

Из смеси запроектированного состава изготавливают контрольные образцы и осуществляют полный цикл их испытаний в соответствии с СТБ 1033-2004. Показатели свойств асфальтобетона, полученные в результате испытаний, должны соответствовать требованиям СТБ 1033-2004.

Расчет состава минеральной части. При подборе состава асфальтобетонной смеси содержание минеральной части принимают за единицу, а содержание битума рассчитывают в процентах от массы минеральной части.

В целях ускорения и упрощения работы оптимальное содержание битума можно рассчитывать по фактической пористости минеральной части и остаточной пористости асфальтобетона. Для этого на основе результатов расчета состава минеральной части готовят асфальтобетонную смесь с минимальным рекомендуемым содержанием битума по СТБ 1033-2004 или уменьшенным на 0,3...0,5 %. Испытанием трех образцов определяют среднюю плотность асфальтобетона и его минеральной части. По содержанию компонентов и их истинной плотности рассчитывают истинную плотность минеральной части, а затем ее фактическую пористость.

Требуемое содержание битума (%) определяют по зависимости:

$$B = \frac{(V^0 - V^a)}{\rho_m} \rho_b,$$

где  $V^0$  — фактическая пористость минеральной части, %;  $V^a$  — среднее значение требуемой остаточной пористости асфальтобетона в зависимости от его вида (плотный, пористый или высокопористый), % (по СТБ 1033-2004);  $\rho_b$  — плотность битума (для практических расчетов может быть принята равной 1 г/см<sup>3</sup>);  $\rho_m$  — истинная плотность минеральной части асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>.

Из асфальтобетонной смеси с рассчитанным содержанием битума изготавливают три образца для определения остаточной пористости асфальтобетона. Если значение остаточной пористости асфальтобетона больше или меньше требуемого, готовят новую смесь, соответственно с большим или меньшим содержанием битума.

При расчетах составов холодных асфальтобетонных смесей для предотвращения их слеживаемости полученное значение оптимального содержания битума уменьшают на 10... 15%.

#### **Список цитированных источников**

1. Ковалёв Я.Н. Дорожно-строительные материалы и изделия: учеб.-метод. пособие / Я.Н. Ковалёв, С.Е. Кравченко, В.К. Шумчик. — Минск: Высшая школа, 2001. — 218 с.

УДК 628.394

**Жолох А.А., Антонович О.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Мешик О.П.**

### **АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ РЕКИ ПРИПЯТЬ**

Целью данной работы является выполнение анализа экологического состояния реки Припять по концентрациям загрязняющих веществ. Загрязнители поверхностных вод, согласно государственному водному кадастру [1], делятся на