

В качестве минерального составляющего в асфальтовом бетоне в зависимости от его вида используются: щебень разной крупности, клинец, каменная мелочь, высевки, гравий, песок и минеральный порошок.

1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ АСФАЛЬТОБЕТОНЕ

Асфальтобетонная смесь – рационально подобранная смесь минеральных материалов щебня (гравия) различной крупности, природного или дробленого песка, минерального порошка с битумом, взятых в определенных соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии.

Асфальтобетон – искусственный монолитный материал, полученный в результате уплотнения при оптимальной температуре асфальтобетонной смеси.

Асфальтобетон, представляющий собой смесь минерального материала с битумом, обладает рядом специфических свойств, обусловленных наличием в его составе минерального остова и битума, изменяющего свои свойства в различных условиях работы покрытия.

Существенной особенностью асфальтобетона является зависимость его физико-механических свойств от структуры, которая, согласно современным представлениям /1–8/, определяется количеством и качеством зернистых минеральных составляющих, взаимным расположением зерен и характером связей между ними. Это не исключает влияния на его свойства других структурных факторов, таких как вид, крупность, характер поверхности и минеральных зерен, их минералогический состав. Именно комплекс этих факторов приводит к формированию асфальтобетона как сложной многокомпонентной системы, которую проф. И. А. Рыбьев /7, 8/ предлагает рассматривать как конгломератный или брекчиевидный материал, состоящий из минерального остова, связанного в монолит асфальтовязущим веществом.

Такой подход к структуре асфальтобетона позволяет отнести его к искусственным строительным конгломератам /7/, которые являются аналогами сцементированных осадочных горных пород, и использовать при анализе структуры асфальтобетона представления петрографии осадочных горных пород.

Учитывая особенности структурообразования асфальтобетонов, проф. М. И. Волков и его школа /5, 6, 19, 23, 28/ разработали клас-

сификацию и терминологию типов двухкомпонентных структур асфальтобетонов и других искусственных строительных конгломератов (рис.1):

базальная структура: образуется при большом объеме цементирующего вещества, заполняющего межзерновое пространство минеральных частиц и раздвигающего их настолько, что зерна не соприкасаются (рис.1, а);

поровая структура: образуется при заполнении цементирующим веществом межзерновых пустот каркаса из минеральных зерен (рис.1, в);

контактная структура: образуется при незначительном количестве цементирующего вещества, распределенного по поверхности минеральных зерен в виде пленок. Минеральные зерна образуют каркас, межзерновое пространство которого не заполнено (рис.1, д);

порово-базальная и контактно-поровая: переходные типы структур, в которых имеются области, образованные по типу той или иной структуры (рис.1, б, г).

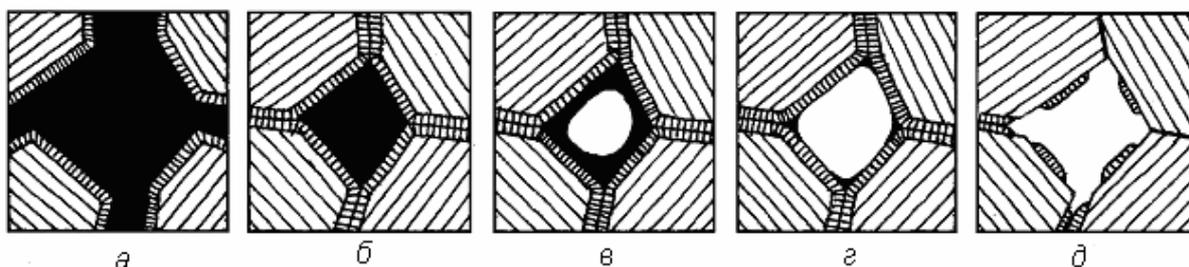


Рис.1. Типы двухкомпонентных структур: а – базальная; б – порово-базальная; в – поровая; г – контактно-поровая; д – контактная

Данная структурная классификация близка представлениям физико-химической механики /29 – 31/, рассматривающей искусственные конгломераты как дисперсные системы, в которых взаимодействует твердая фаза и заполняющая среда.

Это позволяет, учитывая сложность структуры асфальтобетона, вытекающую из многообразия составляющих материалов и различия их свойств, рассматривать многокомпонентную систему асфальтобетона как комплекс взаимосвязанных простых двухкомпонентных структур типа «фаза – среда» /2, 4, 7–8, 17–19/:

микроструктура – структура асфальтовяжущего, являющегося суспензией минерального порошка (фазы) в битуме (среде);

мезоструктура – структура асфальтового раствора, представленного песчаными зернами (фазой) в асфальтовяжущем (среде);

макроструктура – структура асфальтобетона, представленного зернами щебня или гравия (фазой) в асфальтовом растворе (среде).

Таким образом, упрощается исследование асфальтобетона в целом, так как такой подход позволяет изучение сложной многокомпонентной структуры асфальтобетона свести к изучению более простых двухкомпонентных структур, которые в некоторых пределах можно рассматривать самостоятельно. Наряду с физико-химическим взаимодействием минеральных материалов с битумом количественное соотношение составляющих является одним из наиболее существенных факторов, определяющих образование тех или иных качественно различных структур /25, 27/.

Свойства асфальтобетона определяются свойствами и соотношением составляющих его бинарных систем, степенью насыщения их основными структурообразующими компонентами, входящими в каждую из структурных составляющих асфальтобетона и определяющих их свойства и характер: в структуре асфальтовяжущего это минеральный порошок, в мезоструктуре – песок, в макроструктуре – щебень (гравий).

Анализируя структурные особенности и свойства бинарных систем при повышении концентрации основного структурообразующего компонента (фазы), исследователи отметили вначале слабое, линейное возрастание прочности системы, затем интенсивный рост прочности системы до максимума и, при повышении концентрации фазы выше оптимальной, быстрое понижение прочности системы /16, 19, 21, 23, 27/. Данная зависимость характерна для микро-, мезо- и макроструктур (базальной, поровой и контактной).

Установлено, что базальная структура характеризуется в основном свойствами среды, т.е. битума в микроструктуре, асфальтовяжущего в мезоструктуре и асфальтового раствора в макроструктуре, так как зерна фазы разделены толстыми прослойками среды и выполняют функцию заполнителя объема. Размер, особенности поверхности, форма зерен, химический и минералогический составы не оказывают существенного влияния на свойства системы /6, 8, 9, 16/.

В ряде работ отмечено падение прочности системы после введения незначительного количества крупных зерен фазы /6, 28, 32/. Падение прочности бинарной системы при малом содержании крупных частиц исследователи связывают с увеличением неоднородности сис-

темы, появлением концентраторов напряжения. По мере повышения концентрации фазы в системе отдельные «плавающие» зерна соприкасаются через прослойку структурированного битума в микроструктуре, асфальтовяжущего в мезоструктуре и асфальтового раствора в макроструктуре. Данная ситуация характеризует появление порово-базальной и начало формирования поровой структуры, при которой наблюдается интенсивное структурообразование, сопровождающееся изменением свойств бинарной системы, вплоть до предельного значения показателя свойства.

Именно при поровой структуре особенно ярко проявляются эффективность физико-химического взаимодействия минеральных материалов с битумом, размер и форма зерен, микрорельеф их поверхности. Это послужило причиной детального изучения особенностей формирования поровой структуры в бинарных системах, особенно в микро- и макроструктурах. Увеличение вязкости и механической прочности системы при повышении концентрации минерального порошка в асфальтовяжущем отмечал проф. И.В. Сахаров /33/. Дальнейшие исследования выявили влияние на структурообразование асфальтовяжущего гранулометрического состава и тонкости помола минерального порошка /34, 35/. В последующих работах по исследованию формирования микроструктуры авторы приходят к выводу, что физико-механические свойства асфальтовяжущего в первую очередь зависят от физико-химических процессов, происходящих на поверхности раздела минерального зерна и битума /36–38/. К этим процессам относятся явления смачивания /39–41/ и адсорбции /9, 42/. Интенсивность этих процессов будет зависеть от величины поверхности, на которой они протекают, т.е. от степени дисперсности материала.

Установлено, что на структурообразование асфальтовяжущего, кроме физической и химической адсорбций, при применении пористых минеральных материалов оказывает влияние избирательная диффузия низкомолекулярных компонентов битума под влиянием капиллярных сил вглубь минеральных зерен по капиллярам и микротрещинам, соизмеримым с размерами структурных компонентов битума /16, 43–48/. Данные факторы обуславливают различную степень структурирующего воздействия минеральных порошков на битум.

При равных концентрациях различные минеральные порошки в асфальтовяжущем образуют равнопрочные системы с той или иной интенсивностью структурообразования /35, 49/ вплоть до предельного значения, которое характеризует переход к контактной структуре, при

которой в системе появляется воздушная фаза и начинается разрушение контактов и всей системы в целом /7/.

Повышение концентрации песка в поровой структуре асфальтового раствора характеризуется возрастанием прочности системы, однако рост прочности раствора происходит более медленно, чем асфальтовяжущего при повышении концентрации минерального порошка, так как одновременно с ростом прочности системы происходит снижение суммарной адгезионной прочности на границе контакта вяжущего с песком /7/. Рост прочности системы с повышением концентрации песка происходит при наличии в асфальтовяжущем свободного или слабоструктурированного битума, который переходит на поверхность зерен песка и тем самым создается более прочная структура асфальтовяжущего. При применении в мезоструктуре асфальтовяжущего оптимальной структуры, т.е. имеющего максимальную прочность и плотность для данного минерального порошка и битума /7/, происходит понижение прочности системы вследствие перехода части битума на поверхность зерен песка и появления пористости.

Интенсивность нарастания или понижения прочности мезоструктуры зависит от свойств песчаной составляющей. Так, прочность раствора и значение структурообразующей концентрации песка в значительной степени зависят от крупности зерен, степени их окатанности, удельной поверхности, пористости и химико-минералогических свойств поверхности /50, 51/. Упрочнение системы при введении песчаной составляющей происходит за счет повышения внутреннего трения. Даже пески, обладающие низкой активностью по отношению к вяжущему, но имеющие остроугольную форму зерен и шероховатую поверхность, интенсивно повышают величину предельного напряжения сдвига системы.

Понижение крупности зерен песчаной составляющей мезоструктуры ведет к уменьшению структурообразующей концентрации песка в системе, что связано с повышением удельной поверхности и уменьшением набора фракции зерен песка, приводящих к увеличению пористости и снижению плотности асфальтового раствора /25/. Процессы структурообразования в поровой макроструктуре асфальтобетона при повышении концентрации щебня (гравия) сопровождаются дальнейшим увеличением предельного напряжения сдвига системы за счет увеличения плоскостей скольжения и их шероховатости. Следствием этого является основное назначение щебня (гравия) в системе, которое заключается в формировании жесткого пространственного

каркаса, обеспечивающего сдвигоустойчивость асфальтобетона /20/. Кроме этого, при образовании пространственного каркаса рационально используются свойства структурированных битумных пленок, разделяющих зерна щебня (гравия).

Снижение прочности бинарных систем при повышении концентрации основных структурообразующих компонентов сверх предельной и переходе к контактному типу структуры объясняется появлением воздушной фазы, которая в асфальтовяжущем образуется ещё до достижения системой оптимального состояния /7, 21, 52/. В мезо- и макроструктуре, кроме этого, при переходе к контактному типу структуры происходит утолщение слоя вяжущего на минеральной поверхности, что связано с укрупнением зерен минеральной части при повышении концентрации в системе песка и особенно щебня (гравия) /6, 53, 54/. Вследствие этого толстые слабоструктурированные пленки битума играют роль смазки и понижают внутреннее трение в системе.

Понижение степени структурирования битума при переходе к контактно-поровой и особенно контактной макроструктурам происходит и вследствие понижения концентрации минерального порошка в асфальтовяжущем, что связано с технологическими факторами (удобоперемешиваемостью и удобообрабатываемостью смеси). Экспериментально доказано, что максимальная прочность асфальтобетона с тем или иным типом макроструктуры может быть достигнута лишь в случае, если им соответствуют определенные типы мезо- и микроструктуры /6, 7, 18, 19/. Следовательно, для получения асфальтобетонов с оптимальными свойствами необходимо рационально сочетать различные типы бинарных структур, зная их взаимосвязь.

Изучению взаимосвязи структур в дорожных асфальтобетонах посвятили свои работы ряд советских исследователей /2, 4, 7, 18–19, 22, 28/. Наиболее наглядно современные представления о взаимосвязи структур в асфальтобетоне характеризует схема, предложенная проф. И. В. Королевым /6/ (рис. 2), при этом он указывает, что "... из возможных связей структур будет оптимальна та, при которой в наибольшей степени реализуются потенциальные возможности материала".

Однако, как показывает практика дорожного строительства, для приготовления асфальтобетона используются весьма различные каменные материалы и промышленные отходы, обладающие широким разнообразием физико-механических свойств, вследствие чего задача быстрого определения оптимальных структуры и состава асфальтобе-

тона бывает крайне затруднена. Важность и необходимость проводимых исследований по изучению взаимосвязи структур заключаются в стремлении получить асфальтобетон, обладающий заданными для конкретных климатических и эксплуатационных условий свойствами /7, 8/.



Рис. 2. Взаимосвязь структур в асфальтобетоне

Многочисленные исследования важного вопроса получения асфальтобетонов с заданными свойствами, связанного со специфическим характером взаимосвязи бинарных структур, также недостаточно изученных, не позволяют считать его окончательно решенным.

Контрольные вопросы

1. Что такое асфальтобетонная смесь?
2. Что такое асфальтобетон?
3. Какие виды двухкомпонентных структур различают в асфальтобетоне?
4. Какие существуют макроструктурные типы асфальтобетона?
5. Что такое асфальтовязующее вещество?