

## УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

*Асфальт-бетондук каптамдарын долбоорлоодо климаттык шарттарды эске алуу боюнча изилдөөлөрдүн жыйынтыгы келтирилген.*

*Приведены результаты исследований по учету климатических условий при проектировании асфальтобетонных покрытий.*

*Results of researches under the account of climatic conditions are resulted at designing asphalt-concrete coverings.*

Значительное разнообразие климатических и эксплуатационных условий, сложный характер деформационного поведения асфальтобетона, наличие переменного температурного градиента в слое покрытия, широкий диапазон вариаций свойств асфальтобетона в зависимости от температуры и режима нагружения, а также нестационарный режим изменения несущей способности в период эксплуатации всей конструкции в целом вызывают необходимость проведения комплексного анализа.

Одна из характерных и главных тенденций при проектировании в строительстве асфальтобетонных покрытий – дифференциация требований к прочностным и деформативным характеристикам конструктивных слоев покрытий на основе детального учета особенностей климатических условий района строительства. Для обеспечения научной основы назначения эффективных конструктивных и технологических решений необходимо развивать методы математического моделирования работы асфальтобетонных покрытий в различных природно-климатических условиях /1-6/.

В общем виде алгоритм должен обеспечивать установление эквивалентности транспортных нагрузок различного значения и расчетной интенсивности движения, определение температурного режима покрытия, учет совместного воздействия транспорта и климатических факторов, учет вариаций свойств применяемых материалов, определение приведенной продолжительности работы рассматриваемой конструкции в расчетных условиях, определение требуемых показателей качества материалов, срока службы и состояние конструкции /1-6/.

Алгоритм программы по анализу влияния климатических и эксплуатационных условий на работу асфальтобетона в дорожных покрытиях, разработанный с учетом разработок ГипроДорНИИ, включает определение приведенной интенсивности движения (блок № 1), температурного режима покрытий (блок № 2), вариаций свойств асфальтобетона в покрытии (блок

№ 3), напряжений и деформаций в покрытиях из асфальтобетона (блок № 4), приведенного срока службы покрытия в расчетных режимах (блок № 5), расчетных характеристик асфальтобетона (блок № 6), требуемой прочности и деформативности асфальтобетона (блок № 7), роста повреждений асфальтобетонных покрытий за срок службы (блок № 8), требуемых характеристик битумов (блок № 9). Кроме того, этот алгоритм обеспечивает сравнительный технико-экономический анализ вариантов строительства покрытий (блок № 10).

В блок № 1 вводят следующие исходные данные: фактическая интенсивность по  $i$  группам автомобилей, коэффициент приведения 1-й группы автомобилей, ширина проезжей части, число полос движения, годовой прирост интенсивности движения, срок службы покрытия. Определяемая величина – фактическая приведенная интенсивность движения, которая рассматривается по известным интенсивности и составу движения на участке.

Годовой прирост интенсивности движения принимают согласно усредненным проектным данным, срок службы асфальтобетонных покрытий (в качестве расчетного) – равным сроку между двумя капитальными ремонтами, что составляет 15-20 лет. При расчете прочности покрытия на длительный срок учитывают возрастание интенсивности движения во времени.

В блоке № 2 по определению температурного режима асфальтобетонных покрытий расчет ведут на основе следующих положений: 1) температура покрытия зависит главным образом от температуры воздуха и интенсивности солнечной радиации; 2) изменение температур воздуха, а следовательно, и покрытий, имеет нестационарный циклический характер с длительностью периода колебаний 1 день, 1 месяц, 1 год; 3) изменение температур воздуха и поверхности покрытия зависит от значительного числа факторов. Анализ радиационного режима приземного воздуха и поверхности покрытия позволил выявить, что основной фактор, определяющий температурный режим воздуха и покрытий в течение года, – высота солнца над горизонтом. Температура покрытия на глубине изменяется по экспоненциальному закону и зависит главным образом от температурного перепада на поверхности покрытия. В качестве исходных данных в блок № 2 вводят среднемесячную температуру воздуха в градусах Цельсия, высоту солнца над горизонтом для различных широт в полдень.

В качестве исходных данных в блоке № 3 по определению вариаций свойств асфальтобетонов задают коэффициент теплоустойчивости асфальтобетона, динамический модуль упругости при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , динамический модуль упругости основания. Кроме того, вводят из других узлов значения среднемесячной суточной температуры воздуха и значения температуры покрытия в солнечную и пасмурную погоду на различной глубине (из блока № 2).

Определяемые величины – динамические и статические модули упругости при различных температурах, пластичность асфальтобетона, вязкость при различных температурах и эквивалентный динамический модуль упругости основания (в зависимости от его типа). Динамический модуль упругости асфальтобетона при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  задают с учетом типа смеси и расчетной длительности загрубения. Пластичность асфальтобетона в различные периоды срока службы покрытия устанавливают в зависимости от температуры покрытия по месяцам года.

Динамические модули упругости покрытия и его вязкости на различной глубине определяют с учетом температуры асфальтобетона в данном слое.

В блоке № 4 по определению напряжений и деформаций в слое покрытия в качестве исходных данных задают коэффициент линейного температурного расширения, давление в шинах расчетного автомобиля, ровность в продольном направлении (характеризуется просветом под 3-метровой рейкой), диаметр следа колеса расчетного автомобиля, коэффициент перехода от растягивающих напряжений в нижнем слое к верхнему, коэффициент перегрузки для верхнего слоя, коэффициент Пуассона для асфальтобетона, коэффициент, определяемый характером движения на участке, коэффициент, характеризующий влияние продольного уклона, продольный уклон участка дороги.

Определяемые величины: суммарные напряжения в асфальтобетоне, а также относительная деформация его растяжения, динамические прогибы и напряжение сдвига в покрытии.

В качестве исходных данных в блоке № 5 по определению приведенного срока службы покрытия задают: число рабочих дней в году, вероятность солнечного сияния по месяцам, долю интенсивности, приходящейся на утренние часы, длительность однократного загрузки при проходе расчетного автомобиля, коэффициент усталости асфальтобетона. Кроме того, вводят из других блоков значения модулей упругости и напряжения в асфальтобетоне на различной глубине, среднесуточную интенсивность движения на 1-й год службы, вязкость асфальтобетона при 50 °С и при температурах поверхности покрытия.

Число циклов приложения нагрузки до разрушения для 1-го периода при известных значениях модуля упругости и напряжений для верхней и нижней части слоя определяют с учетом коэффициента напряженности дорожного покрытия для каждого отдельного периода эксплуатации, а также для приведенного числа циклов приложения нагрузки в солнечные и пасмурные дни. Приведенный срок службы по условию сдвигоустойчивости определяют тоже суммированием продолжительности расчетного периода для условий солнечной и пасмурной погоды.

В блоке № 6 по определению расчетных характеристик асфальтобетона в качестве исходных данных задают параметр, учитывающий релаксационные явления в асфальтобетоне, коэффициент, определяемый технической категорией дороги, и коэффициент условий работы покрытия. Кроме того, вводят из других узлов значения толщины слоя покрытия, динамические модули упругости асфальтобетона при 0 °С и модули слоев основания, диаметр следа колеса расчетного автомобиля, расчетное давление колеса, коэффициент усталости и теплоустойчивости асфальтобетона.

Расчетный модуль упругости асфальтобетона, характеризующего общие условия работы его в данном климатическом районе при заданном сочетании эксплуатационных факторов, определяют с учетом коэффициента условий работы.

В качестве исходных данных в блоке № 7 по определению требуемой прочности и деформативности асфальтобетона задают коэффициент неоднородности асфальтобетона, коэффициент, зависящий от заданного уровня эксплуатационной надежности, расчетный срок службы асфальтобетона, допустимую высоту неровностей на покрытии, шаг неровностей и коэффициент, учитывающий условия испытания. Кроме того, вводят из других узлов расчетное напряжение в асфальтобетоне и коэффициент усталости асфальтобетона, число расчетных циклов загрубления в год, годовую расчетную длительность действия нагрузки, толщину покрытия и напряжения сдвига на поверхности покрытия. Коэффициент неоднородности асфальтобетона по прочности задают в соответствии с фактическими данными об однородности материала.

Коэффициент, характеризующий заданный уровень эксплуатационной надежности, определяют в зависимости от требований к условиям проезда и используют для установления коэффициента запаса прочности.

Расчетный срок службы асфальтобетонного покрытия задают в программе равным 6, 12, 18 и 24 годам, что соответствует нормативным срокам службы между средним (6 и 12 лет) и капитальными (18 лет) ремонтами покрытий, а также среднему максимальному сроку службы (24 года) асфальтобетона по устраненным данным наблюдений.

Показатель прочности асфальтобетона определяют по критерию трещиностойкости дорожного покрытия, а прочность асфальтобетона при сжатии – по критерию сдвигоустойчивости с учетом расчетного срока службы, уровня надежности и показателя однородности асфальтобетона.

В блоке № 8 по расчету роста повреждений асфальтобетонных покрытий за срок службы в качестве исходных данных задают требуемые прочности асфальтобетона при изгибе и сжатии, расчетный срок службы покрытия, коэффициент неоднородности асфальтобетона, среднюю прочность асфальтобетона соответственно при изгибе и сжатии. В результате расчета определяют развитие повреждений покрытия за сроки службы от 1 года до 24 лет.

Зная вариации прочности асфальтобетона в покрытии и задавая в качестве исходных данных среднюю прочность образцов асфальтобетона и коэффициент неоднородности, по формуле функции нормального распределения вычисляют данные о распределении прочностных показателей асфальтобетона по площади покрытия.

В качестве исходных данных в блоке № 9 по определению требуемых реологических характеристик битумов используют величины, вводимые из других узлов: среднемесячные температуры на поверхности покрытия в июне и температуру воздуха в январе, высоту солнца над горизонтом на 15 января, расчетное напряжение в верхнем слое покрытия, расчетный модуль упругости верхнего слоя покрытия, число циклов приложения нагрузки за расчетный срок службы покрытия, коэффициент усталости асфальтобетона. Кроме того задаются объемной концентрацией битума в асфальтобетоне, в которой определяемыми величинами служат требуемый интервал пластичности битума, оптимальная марка битума и требуемая предельная растяжимость битума.

Требуемый интервал пластичности битума вычисляют как разность между расчетными температурами поверхности покрытия в июле в солнечную погоду и зимой. Марку битума устанавливают исходя из требуемой вязкости битума при 60 °С.

В связи со значительным влиянием свойств битумов на свойства асфальтобетонов, определяющих в немалой степени такие показатели, как пластичность, прочность, теплоустойчивость и другие, необходим также дифференцированный выбор и битумов.

Основные реологические параметры, определяющие эксплуатационное поведение битума в конкретных условиях, – интервал пластичности, консистенция (вязкость) и предельная растяжимость.

Для строительства дорожных одежд необходимо применять битумы, интервал пластичности которых соответствует реальному диапазону температур, характерному для данного конструктивного слоя в период эксплуатации дорожной одежды.

Учитывая изменение вязкости асфальтобетона по толщине слоя, для обеспечения одинаковой консистенции материала необходимо через каждые 5 см глубины переходить на битум с вязкостью в 5-8 раз меньшей. Так как в пасмурную погоду и зимой градиент температур в слое покрытия незначителен, то при установлении марки битума нужно учитывать приведенную продолжительность периодов эксплуатации с различным градиентом температур.

В то же время, как показывает анализ напряженного состояния материала в покрытии, сжимающие напряжения снижаются с глубиной, а растягивающие в нижнем слое тем меньше, чем меньше жесткость асфальтобетона в этом слое. Следовательно, целесообразно применять маловязкие и жидкие битумы для нижних слоев, граничащих с несвязанными слоями дорожной конструкции. Так, в целях обеспечения равных условий работы по напряженному состоянию для устройства асфальтобетонных слоев, расположенных на глубине 8-10 см, нужно использовать битум с вязкостью в 5-10 раз меньшей, чем в верхнем слое, а на глубине 10-20 см – в 10-20 раз меньшей. На основании данных анализа работы асфальтобетона в покрытиях могут быть определены требования к вязкости битума при температуре испытания, например 60 °С, и установлена его марка, рекомендуемая для конкретного района территории страны на дорожно-климатические зоны по грунтово-гидрологическим условиям.

Выбор марки битума и рекомендация в отношении интервала пластичности должны быть дифференцированы с учетом климатических условий района строительства дороги.

Анализ температурного режима работы асфальтобетонных покрытий и определения необходимых характеристик битумов для различных климатических условий позволил выявить географические зоны с близкими условиями, для каждой из которых могут быть установлены определенные средние значения этих характеристик. Выявление такой зональности показало, что применительно к дорожным битумам и асфальтобетонам необходимо районированием учитывать не только географическую широту жесткости, но и резкую континентальность климата.

Так, например, увеличение интенсивности движения вдвое потребует повышения прочности асфальтобетона на 10-15 % во всех климатических зонах. Срок службы покрытия следует учитывать при выборе асфальтобетона только для устройства покрытий.

Дифференцирование требований к деформативности и прочности асфальтобетонов дает основу для оптимальных проектных и технологических решений при строительстве дорог с асфальтобетонными покрытиями с учетом климатических и эксплуатационных условий региона.

Преимущественное появление пластических деформаций на асфальтобетонном покрытии в V климатической зоне и интенсивное их развитие (нередко уже в первые годы эксплуатации) указывает на недостаточную вязкость и деформационную устойчивость асфальтобетона.

С целью разработки дифференцированных требований к прочности асфальтобетона с учетом особенностей климатических условий интенсивности и состава движения и других факторов на основе результатов обследований определены требуемые показатели прочности асфальтобетона на растяжение при динамическом изгибе при 0 °С и вязкости при 50 °С для обеспечения заданных уровней эксплуатационной надежности.

Повышение эластичности асфальтобетона, проявляющееся в снижении модуля упругости без ухудшения усталостных свойств, позволяет снизить требования к прочности асфальтобетона. Следует отметить, что повышение эластичности дает эффект во всех климатических районах. В то же время ухудшение усталостных характеристик асфальтобетона, например, за счет большей пористости, приводит к резкому росту требуемой прочности.

Приведенные данные позволяют оценить влияние отдельных параметров на прочность асфальтобетона в различных климатических районах страны и могут быть использованы при обосновании выбора рационального типа асфальтобетона для конкретных условий строительства.

Дифференцирование требований к деформационной устойчивости асфальтобетонов проведено на основе результатов расчетов необходимой вязкости асфальтобетона по условию обеспечения сдвигоустойчивости покрытия.

Учитывая влияние интенсивности движения на требуемую вязкость асфальтобетона, можно определить марку битума, необходимую для приготовления смеси применительно к данному климатическому району и категории дороги. Следует отметить, что неоднородность асфальтобетона существенно влияет на требования к вязкости по условию сдвигоустойчивости.

Повышение эффективности и качества строительства асфальтобетонных покрытий достигается путем решения следующих основных технических задач: 1) повышения качества верхних слоев покрытий (их прочности, деформативности, стабильности текстуры поверхности); 2) повышения темпов строительства (в частности, укладка асфальтобетонных смесей толстыми слоями, сокращение числа разнородных конструктивных слоев); 3) применения местных материалов и отходов промышленности при строительстве покрытий.

## Список литературы

1. Бабков В.Ф. Современные автомобильные магистрали. – М.: Транспорт, 1974. – 279 с.
2. Бушин Е.Д. К вопросу о применении малопрочного известняка для строительства автомобильных дорог в Нечерноземной зоне РСФСР. //Тр. ГипроДорНИИ, 1975, вып. 16. – С.32-36.
3. Гордеев С.О. Деформации и повреждения дорожных асфальтобетонных покрытий. – М.: Изд. Минкомхоза РСФСР, 1963. – 132 с.
4. Горельшев Н.В. Повышение качества асфальтобетона и долговечности дорожных покрытий на его основе. //Тр. СоюзДорНИИ, 1975, вып. 79. – С. 13-20.
5. Киры в дорожном строительстве Казахстана /В.С.Бочаров, Л.Б.Гончаров, Ю.К.Комов, В.А.Ларюков. – Алма-Ата, 1976. – 102 с.
6. Королев И.В. Дорожный теплый асфальтобетон. – Киев: Вища школа, 1975. – 155 с.