

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПЛАСТИЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА В ПРОЦЕССЕ УКАТКИ. ЧТО ДЕЛАТЬ, КОГДА АСФАЛЬТ «ПОЛЗЕТ»?

Асфальтобетон является технологичным материалом и наиболее часто применяется для строительства, ремонта и реконструкции автомобильных дорог. В то же время при укладке и уплотнении слоев из асфальтобетонных смесей могут возникать определенные трудности, связанные с пластичностью и мягкостью некоторых смесей. Мягкая смесь нестабильна под катком и имеет тенденцию сдвигаться вбок (выпирать, ползти) при ее укатке. Такое движение, часто называемое в США как «чекинг», временами приводит к возникновению волосяных трещин. В прошлом считалось, что большинство мягких смесей образуется из-за воздействия чрезмерной температуры и/или из-за наличия песка в смеси. Существует много других возможных причин пластичности смеси, но эти две встречаются наиболее часто.

С начала 1990-х в США начали использовать составы смесей Superpave. Проектирование данных смесей предусматривает выбор заполнителя и битумного вяжущего по определенным критериям. Были предъявлены требования к свойствам каменных материалов (заполнителю) – кубовидность зерен крупного и мелкого заполнителя, процент содержания зерен пластинчатой и игольчатой формы и эквивалент песка. Кроме того, необходим подбор заполнителя по крупности, чтобы соответствовать требованиям по объему пустот в минеральном заполнителе и обеспечить оптимальный состав заполнителя. Большей частью эти смеси были за крупненными (т. е. проходили ниже кривой максимальной плотности гран-состава), смесями с высоким содержанием крупного щебня. Опыт показал: эти смеси тоже могут быть пластичны и вести себя точно так же, как мягкие смеси, встречавшиеся ранее. Трудно дать точную количественную оценку ряда объектов строительства, в которых асфальтобетон не испыты-

вал бы некоторую пластичность (мягкость), но на основе двух обследований NAPA (Национальная Ассоциация Асфальтобетонных Покровов, США) и обсуждения со многими подрядчиками выяснилось, что приблизительно у 40% за крупненных смесей по Superpave также проявляется некоторая пластичность. Было так же отмечено, что мягкость (пластичность) смеси не проявляется сразу в начале укатки, а только некоторое время спустя при ее остывании. Мягкие смеси проявляют пластичные свойства сразу, как только температура поверхности покрытия падает примерно до 100–110°C, и продолжают их проявлять пока температура не упадет до 80–85°C, а на некоторых смесях – иногда и до 65°C. Конечно, эти диапазоны температур приблизительны и каждая пластичная смесь будет вести себя по-разному.

Этот диапазон температур (65–110°C), в котором смесь мягкая и пластичная, определяется как зона пластичности (мягкости). Мягкость смесей зачастую не проявляется когда тем-

пература смеси выше или ниже диапазона зоны пластичности. Однако примерно 40% смесей с температурой в зоне пластичности показывают некоторые проблемы с уплотнением. При возникновении пластичности (мягкости) в процессе укатки поверхность из горячей асфальтобетонной смеси может сдвигаться в сторону почти до одного фута (30,5 см). Другими словами, покрытие шириной 12 футов (3,66 м) может оказаться 13 футов (3,96 м) после уплотнения. Нормальные по мягкости смеси могут сдвигаться примерно на 2–4 дюйма (5–10 см) при уплотнении.

Эта статья поможет лучше понять, какие мероприятия необходимы при укладке и уплотнении смеси, которая проявляет пластичные свойства и «ползет» в процессе уплотнения. Здесь представлена информация по техническим методам снижения мягкости (пластичности) смесей, а также даны конкретные рекомендации по особенностям методов уплотнения смесей, которые все-таки являются мягкими (пластичными).

### Описание проблемы мягкости

Когда смеси становятся мягкими? Как правило, это происходит после 1–2 проходов катка, и чем больше проходов делает каток, тем больше смесь сдвигается и ползет. После нескольких проходов и после того как смесь остыла, она начинает проявлять пластику под вальцами стального катка. Данная проблема в прошлом встречалась часто, поэтому ей было уделено пристальное внимание во всех аспектах при разработке смесей Superpave.

Мяжкие (пластичные) смеси зачастую оказываются сложными для уплотнения до требуемой плотности. Как только смесь начинает ползти, следующие проходы катка еще больше способствуют боковому выдавливанию и, соответственно, не дают произвести достаточное уплотнение. Это боковое выпирание (раздавливание) смеси в процессе уплотнения может привести к потере сцепления между слоями. В этом случае скольжение одного слоя по другому может происходить в течение всего срока службы.

Волосные трещины (микротрещины), которые иногда проявляются при уплотнении мягкой смеси, как правило, очень мелкие и обычно сами по себе привести к серьезной проблеме не могут. Тем не менее эти трещины позволяют слою впитывать влагу, тем самым снижая прочность покрытия. Кроме того, хоть эти мелкие трещины сами по себе и не опасны, но они впоследствии могут привести к образованию более крупных трещин, а потом и к разрушению покрытия. Пластичная смесь, которая уплотнена до требуемой плотности, не влияет на прочность покрытия, но выдавливание смеси в процессе уплотнения приводит к потере ровности. Таким образом, хотя мягкие смеси не влияют на прочность покрытия, они понижают общее качество дорожного покрытия за счет неровности уплотнения.

Пластичность (ползучесть) смеси может быть вызвана целым рядом факторов, поэтому трудно представить общий механизм, который описывает все случаи, но наиболее часто встречается боковое движение (боковое выпирание) у мягких смесей. Когда смесь уложили, ее температура приблизительно одинакова по всему слою. В этот момент жесткость смеси очень низка, т. к. смесь имеет высокую температуру и низкую плотность. Во время процесса уплотнения смесь охлаждается быстрее на нижней и верхней части слоя, чем в его середине, т. е. температура и жесткость слоя будут неоднородны. Когда происходит уплотнение в таком состоянии, то валец катка имеет тенденцию при нажатии на верхнюю часть слоя сдвигать ее относительно нижней части. Смесь все еще мягкая – особенно в середи-

не слоя, что позволяет вальцу катка погружаться в слой. В результате формируются небольшие волны перед вальцом. Также необходимо помнить, что асфальтовое вяжущее действует как смазка при более высоких температурах.

Когда смесь неуплотненная и горячая по всему слою, валец не может заставить поверхность смеси сдвигаться, поскольку слой имеет малую жесткость и, следовательно, смесь не может выпирать (ползти) перед катком. Когда поверхность остывает до 100–110°C и частично уплотнена, жесткость вблизи поверхности будет выше, в результате смесь будет выталкиваться (ползти) перед вальцом. Верхняя часть смеси сдвигается, потому что смесь в центре слоя недостаточно жесткая для предотвращения движения. Когда смесь остывает примерно до 65°C на поверхности, смесь рядом с центром слоя охлаждается и уплотняется настолько, что ее жесткость увеличивается и противостоит боковому движению. Коэзия остывшего битума также помогает предотвратить боковое движение смеси на этих более низких температурах.

### Причины мягкости смесей

Выявить специфические причины пластичности смесей трудно. Они обуславливаются целым рядом факторов, которые взаимодействуют между собой.

Потенциальные причины мягкости смесей перечислены ниже:

- влажность;
- избыточное содержание битума;
- округлые минеральные частицы (зерна);
- зерновой состав и высокое содержание в смеси частиц размером менее 0,075 мм;
- недостаточное сцепление с нижним слоем;
- чрезмерная температура смеси;
- содержание легких фракций в асфальтовяжущем;
- катки и техника;
- жесткость вяжущего;

- загрязнение посторонними примесями.

Влага может находиться в разных местах и приводит к появлению в смеси пластичности (мягкости). Избыток влаги может присутствовать в смеси из-за неправильности сушки каменных материалов. Также избыток влаги может быть на поверхности слоя основания, и тогда тоже может появиться пластичность смеси, укладываемой на это основание. Влажность увеличивает содержание жидкости в смеси и этим уменьшает ее внутреннюю прочность во время процесса уплотнения. Влага в горячей асфальтобетонной смеси при высоких температурах преобразуется в пар, который значительно увеличивает объем жидкости. Пар оказывает внутреннее давление на смесь, которая имеет тенденцию раздвигать минеральные частицы (агрегаты) в процессе укатки. Эти силы приводят к снижению внутренней прочности, и при укатывании смеси проявляется ее пластичность. В некоторых случаях даже небольшого количества влаги (в пределах допуска) может быть достаточно для того, чтобы вызвать пластичность смеси.

Смеси, имеющие избыточное количество битума, могут иметь проблемы при уплотнении. Избыточное количество битума – понятие относительное и зависит от вида, типа смеси, применяемых минеральных материалов. Высокое содержание битума может привести к проявлению пластичности смеси при ее укатке. Проблем не возникает, когда смесь должным образом запроецирована и проконтролирована.

Округлые зерна каменного материала уже давно ассоциируются с пластичными смесями. Округлые частицы в песке и гравии зачастую вызывают мягкость смеси при уплотнении. Эти зерна намного легче сдвигаются по отношению к смежным частицам в сравнении с угловатыми зернами, в результате происходит движение смеси во время уплотнения.

Пластичность может быть вызвана



влиянием зернового состава. Для примера: если содержание заполнителя низкое, смесь может становиться мягкой в связи с недостаточной жесткостью асфальтовязующего, т. к. некоторое количество заполнителя необходимо для придания нужной жесткости. В некоторых случаях мелкозернистые смеси скорее будут пластичными (мягкими), чем крупнозернистые, но иногда бывает и наоборот. В целом смеси с более однородным размером частиц (прерывистого состава) будут пластичнее смесей непрерывного зернового состава. Два примера смесей с относительно однородным размером зерновым составом, которые, как правило, не являются пластичными – это смесь для тонких верхних слоев износа открытого типа (open-graded friction course OGFC) и щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь (ЩМА (SMA)). OGFC не может быть мягкой, потому что используются очень угловатые зерна, толщина слоя тонкая по сравнению с максимальным номинальным размером зерна, асфальтовязующее, как правило, относительно жесткое и требуется достаточно небольшое уплотнение. ЩМА не будет мягкой, т. к. делается с высоким содержанием заполнителя, относительно жестким битумом и с использованием целлюлозы.

Как показывает практика и лабораторные исследования, проведенные в ЗАО «ВАД», традиционные асфальтобетонные смеси, содержащие большое количество частиц размером менее 0,071 мм, также могут быть пластичны в процессе укатки – это объясняется присутствием избыточного количества асфальтовязующего. Кроме того, в этом случае наличие пылеватых и глинистых частиц в минеральном порошке и в собственной пыли даже в пределах установленных норм может приводить к эффекту пластичности.

Смеси, не обладающие пластичными свойствами, могут проявлять их в случае недостаточного сцепления с подстилающим слоем. При укладке на чрезмерно гладкое, старое, окисленное покрытие будет сложно получить хорошее сцепление слоев независимо от типа и объема устраиваемого нового слоя. Поверхность некоторых эксплуатируемых покрытий может быть рыхлой и иметь признаки потери мелкого заполнителя. В этом случае затруднительно получить хорошее сцепление между слоями. Выпиливание кернов после уплотнения четко покажет, есть ли проблема сцепления между слоями.

Если связующий слой (подгрунтовка) слишком мал или слишком велик, смесь может проявлять пластичность. Также, если использован неправильный тип вяжущего для подгрунтовки, хорошее сцепление между слоями не может быть достигнуто. Хорошее сцепление и уменьшение бокового движения с большим успехом достигается на отфрезерованных покрытиях, а

не на гладких поверхностях. Эксперименты показывают, что лучшее сцепление между слоями получается с применением чистого битума для подгрунтовки, в сравнении с битумной эмульсией.

Смеси, которые укладываются слишком горячими, будут пластичнее смесей, уложенных при надлежащей температуре. Когда смесь укладывается при слишком высокой температуре, необходимо дать ей остыть до нормальной температуры и только потом начинать укатку. Даже если поверхность такой смеси уже остыла, середина слоя все еще остается горячей и смесь будет проявлять пластичность в процессе укатки. Смеси в целом должны укладываться при такой температуре, при которой укатка может начинаться немедленно, так, чтобы каток мог двигаться сразу за укладчиком.

Некоторые битумные вяжущие содержат легкие фракции, которые могут испаряться (отгоняться) из смеси при 150–175°C. Эти легкие фракции при высокой температуре будут влиять на уплотнение смеси, как и влажность. В некоторых случаях асфальтобетонные смеси на вяжущем с повышенным содержанием легких фракций очень трудно уплотнить.

Были случаи, когда незначительные изменения в исходном вяжущем являлись решением проблемы пластичного (ползучего) асфальтобетона. Подобная ситуация наблюдается при использовании в качестве вяжущего ПБВ с большим содержанием пластификаторов (индустриального масла). Катки и техника также оказывают большое влияние на то, как смесь ведет себя при уплотнении. Смеси, у которых проявляется пластичность под металлическим вальцом, не будут проявлять мягкость под катками на пневмошинах. Быстрые остановки, старты и поспешные повороты металлического вальца, вероятнее всего будут приводить к боковому выпору смеси. Как только смесь начинает сдвигаться вбок, каждый последующий проход катка будет, как следствие, увеличивать выдавливание смеси. Более тяжелый вальцовый каток может

больше способствовать проявлению свойств ползучести смеси, чем легкий, однако увеличение веса катка необходимо для достижения требуемой плотности. Работа катком с ведущим передним вальцом позволяет минимизировать влияние пластичности смеси на укладку.

Жесткость битума влияет на пластичность смеси. Когда вяжущее слишком горячее, жесткость его низкая – это может привести к пластичности (ползучести) смеси. Асфальтобетонные смеси, содержащие полимеры, остаются жесткими при укатке и вероятность ползучести ниже, если интенсивная укатка, меняющая структуру и разрывающая связи в слое, была закончена до температуры 135°C.

Загрязнение дизельным топливом или другими нефтяными растворителями может вызывать пластичность (ползучесть) смеси. Растворители могут попадать в асфальт из загрязненных емкостей – хранилищ вяжущего, смазок кузовов автосамосвалов, неполного сгорания жидкого топлива в сушильном барабане АСУ, разлива его на существующее покрытие и многих других источников. Необходимо соблюдать осторожность, предотвращая загрязнения во время строительства, иначе будут проблемы с пластичным поведением смеси и не только.

Все вышеперечисленные аспекты необходимо учитывать в процессе строительства для предотвращения проявления пластичности смеси. Смесь может быть мягкой (пластичной) сама или пластичность может проявляться только в связи с отсутствием сцепления между слоями или из-за уплотняющей техники и технологии.

#### Меры по решению проблемы пластичности (ползучести) смеси

Существует несколько способов, которые могут уменьшить проблему пластичности или избежать ее. В первую очередь, если смесь ранее укладывалась и не проявляла мягкость (пластичность), необходимо определить, что привело к появлению этой пластичности. Некоторые возможные



причины включают изменение содержания влаги, изменения в температуре смеси, изменения в поставках вяжущего, изменения в подгрунтовке, в замене катка или оператора катка. Это наиболее вероятные причины, в результате которых смесь проявляет пластичность, в случае если та же смесь не была мягкой ранее.

В некоторых случаях избыток влаги может привести к пластичности смеси. Такой избыток влаги может быть от недавно прошедшего дождя или от попадания мокрого материала из штабеля. В этом случае немедленное решение заключается в попытке работы со штабелем таким образом, чтобы минимизировать попадание влаги в смесь. Долгосрочным решением может быть обеспечение склада каменных материалов улучшенным дренажом, проложенным под поверхностью склада, или обеспечение защиты запасов материалов от воздействия осадков.

Из-за больших расстояний и возможных задержек горячую асфальтобетонную смесь зачастую нагревают на несколько градусов выше нормального температурного диапазона. Незначительное температурное изменение в смеси может создавать отличие в стабильности смеси в процессе ее уплотнения. Если смесь пластичная, попробуйте снизить температуру смеси на 5–10°C, чтобы определить влияние температуры на поведение смеси. Если есть улучшение при уплотнении смеси и нет никакого вредного воздействия на ее работоспособность, а асфальтовяжущее равномерно покрывает каменный материал, то можно подумать о снижении температуры еще на 5°C. Если проблема пластичности (мягкости) смеси решена и никаких других проблем нет, то продолжают выпуск смеси при более низкой температуре.

Если понижение температуры не уменьшает проблему пластичности смеси, то нужно рассматривать альтернативы. Другой вариант, который может быть применен – окончить уплотнение смеси до достижения температурной зоны пластичности. Это может потребовать высокой скорости укладки и дополнительных катков, используемых при уплотнении для того, чтобы катки могли работать на нормальной скорости и при этом обеспечить достаточное количество проходов до охлаждения смеси до 115°C (зона пластичного поведения смеси). Этот процесс успешно применялся на многих объектах строительства.

Другой метод, который иногда используется, но не рекомендуется, – это укатывать смесь, пока она не охладится и станет пластичной, затем остановить укатку тяжелым катком до тех пор, пока смесь не остынет ниже температурной зоны пластичности, и после этого закончить уплотнение на более низких температурах. Этот ме-



тод может быть успешно применен на некоторых объектах, но такой подход может привести к другим проблемам. Первое: после остывания смеси до низкой температуры (65°C и ниже) значительно больше вероятность разрушения каменных материалов под вальцами катков. Этот метод несет в себе и еще одну угрозу: то, что требуемая плотность не будет достигнута, обнаружится только тогда, когда уложено уже достаточно большое количество смеси. Если необходимая плотность не была достигнута, то это большое количество уложенного материала является браком.

Укладывая покрытие при возникновении угрозы выпадения осадков, подрядчик должен быть в состоянии быстро уплотнить смесь, в противном случае при начале ливня будет испорчено большое количество материала. Кроме того, укатка на этих более низких температурах может сделать сложным удаление всех следов катка и в результате привести к проблемам с ровностью.

Следующий подход может быть успешным во многих проектах строительства: использование в качестве уплотняющей техники пневмоколесных катков в зоне пластичного поведения смеси. Опыт показывает, что пневматические катки не создают бокового выпирания смеси (даже когда смесь мягкая), в отличие от металлических вальцов. Эти катки очень эффективны, когда используются в зоне пластичности смеси, и так же эффективны при работе с непластичными (не мягкими) смесями. Основным недостатком пневмоколесных катков – это прилипание асфальта к шинам. Некоторые горячие асфальтобетонные смеси в начале уплотнения имеют тенденцию прилипать к колесам катка, что приводит к неоднородности поверхности слоя. Большое количество работы было выполнено для улучшения и модернизации пневмоколес катка, чтобы минимизировать проблему прилипания асфальта. Часто вокруг резиновой шины помещается «юбка», чтобы минимизировать ее охлаждение, особенно в ветреный день, поскольку количество прилипаемого ма-

териала уменьшается, если шина горячая. В последнее время огромное количество модификаций было внесено в материал, используемый для изготовления пневматических шин, для того, чтобы горячая асфальтобетонная смесь имела меньшую склонность к налипанию на шины. В течение многих лет для смачивания шин использовалась мыльная вода. Эта процедура помогала во многих случаях, но не всегда решала проблему. В настоящее время испытываются различные добавки, которые используются в качестве антиадгезива. Самая большая проблема прилипания возникает при использовании модифицированных вяжущих. Если будет решена проблема прилипания асфальтобетонной смеси к пневмошине, то проблема уплотнения в пластичной зоне будет решена использованием пневмоколесных катков.

Информация, изложенная выше, предлагает решения, которые могут быть легко реализованы при возникновении проблемы пластичной зоны. Есть много других факторов, которые важны, как говорилось выше, но их ликвидация является более сложной.

Эта статья осветила несколько способов решения проблемы. Важно помнить, что существует множество возможных причин возникновения проблемы пластичного поведения смеси и метод, успешно используемый на одном объекте, не всегда успешен на другом. Однако здесь предлагается несколько альтернатив, которых должно быть достаточно для решения проблемы зоны пластичности смеси.

Данная статья написана с использованием материалов отчета Национального Центра Асфальтобетонных Технологий (NCAT Report 00-02 E.R.Brown, Byron Lord, Dale Decker, Dave Newcomb) и на основе опыта работы специалистов компании ЗАО «ВАД».

**Д. А. Колесник,**  
руководитель группы исследования  
строительных материалов;  
**О. С. Некрасова,**  
инженер-технолог  
(ЗАО «ВАД»)