

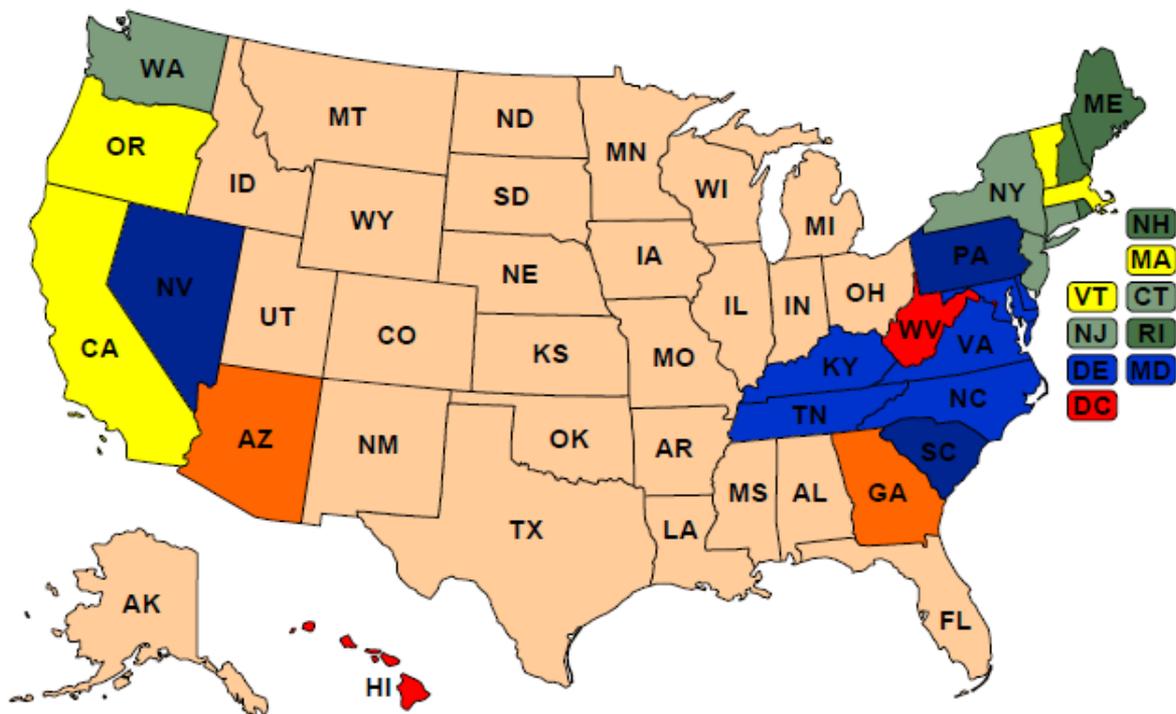
**Битумные вяжущие. Усовершенствование
метода определения свойств при
повторных нагрузках. Современные
подходы AASHTO M 332.**

**Hussain Bahia
University of Wisconsin - Madison**

Введение

- В технических условиях Американской ассоциации служащих государственных автодорог и транспорта (AASHTO) M332 имеются 3 параметра, измеряемые по методике определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках (MSCR):
 - необратимая деформация при ползучести (J_{nr}) при двух уровнях напряжений: 0,1 и 3,2 кПа;
 - восстановление в процентах (R , %) при тех же уровнях напряжений;
 - изменение значения необратимой деформации при ползучести (J_{nr} Diff).
- Результаты многих научных исследований, выполненных в США, Австралии и Европе, указывают на проблемы, связанные с использованием параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (J_{nr} Diff)».
- Внедрение технических условий M332 неравномерно:
 - многие штаты в США и другие страны отказываются от применения параметра «Изменение необратимой деформации при ползучести (J_{nr} Diff)», в частности, для вяжущих материалов марок E, обычно используемых в теплом климате.

Состояние внедрения технических условий метода определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках (MSCR) в США



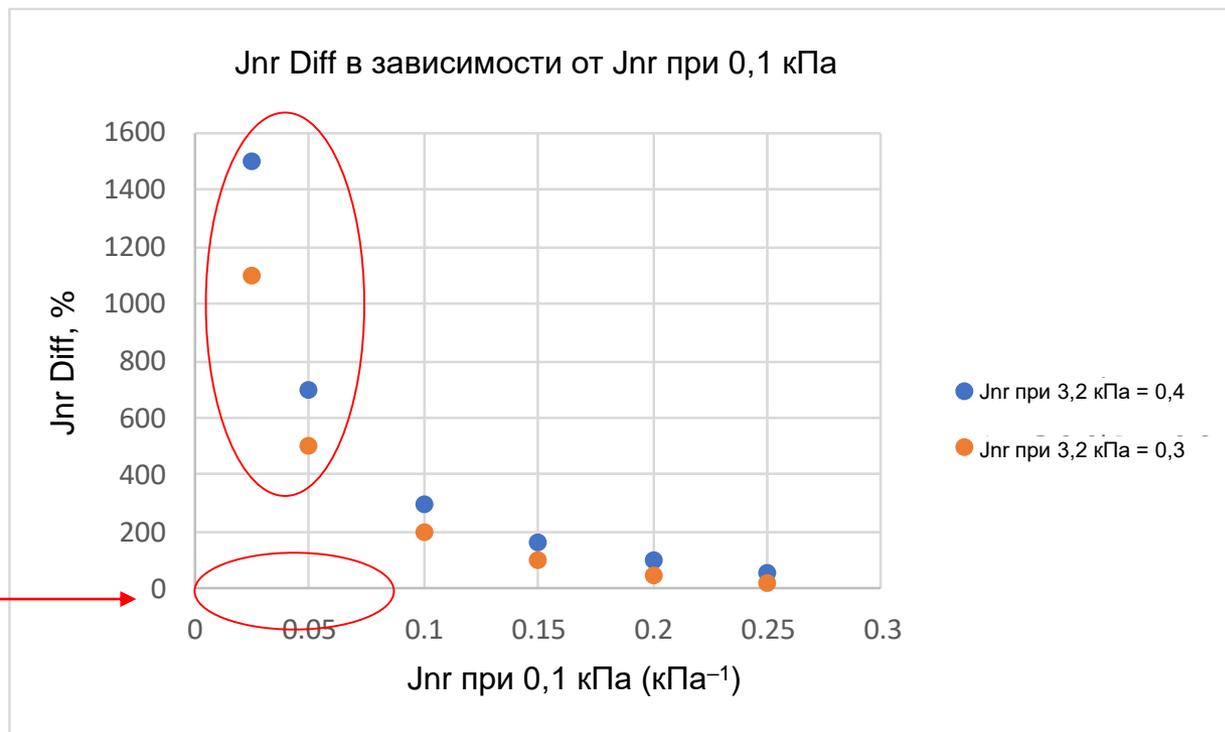
Цветовое обозначение штатов		
■ Полное внедрение	■ Частичное внедрение (контрольный отчет)	■ Испытание/оценка
■ Полное внедрение только для модифицированных марок	■ Планируется частичное внедрение (12 месяцев)	■ Никаких действий не предпринимается
■ Планируется полное внедрение (12 месяцев)	■ Рассматривается внедрение (сроки не указаны)	■ Будет опубликовано в ближайшее время

В последних исследованиях, выполненных в Институте битума и Федеральном управлении автомобильных дорог США (FHWA), указывается на необходимость отказа от применения параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)»

- Ученые из Института битума и Федерального управления автомобильных дорог США обнаружили значительное изменение значений необратимой деформации при ползучести (Jnr) сильно модифицированных вяжущих материалов и призывают отказаться от применения параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)», когда значения необратимой деформации при ползучести (Jnr), измеренные при нагрузке 3,2 кПа, меньше $0,25 \text{ кПа}^{-1}$.
 - Источник: R.M. Anderson, J.A. D'Angelo, J.R. Bukowski, "evaluation of the MSCR test for Canadian asphalt binders", *Proceedings of the Fifty-Sixth Annual Conference of the Canadian Technical Asphalt Association (CTAA) - Quebec City, Quebec, 2011* (Р. М. Андерсон, Дж. А. Д'Анджело, Дж. Р. Буковски. Оценка испытания по методу определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках для канадских битумных вяжущих материалов // *Материалы 56-й ежегодной конференции Канадской технической ассоциации битума (CTAA)*. г. Квебек, Квебек, 2011).

Показатель «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)» — примеры

- Значение параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)» в значительной степени определяется значением необратимой деформации при ползучести (Jnr) при напряжении 0,1 кПа. Низкие значения Jnr при напряжении 0,1 кПа обуславливают очень высокие значения Jnr Diff, даже если значение Jnr при напряжении 3,2 кПа является абсолютно приемлемым.



В недавних исследованиях ученые Висконсинского университета в Мадисоне высказали обеспокоенность относительно параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)»

- Неясно, для измерения чего предназначен параметр Jnr Diff (чувствительности к напряжению, полимерной сетки/качества, определения типа полимера?).
- Связь с эксплуатационными показателями неизвестна. Поэтому, если для значения Jnr Diff будет применяться универсальное ограничение (75 %), многие хорошие вяжущие материалы могут быть отбракованы.
 - Источник: R. Moraes, D. Swiertz, H. Bahia, “Comparison of New Test Methods and New Specifications for Rutting Resistance and Elasticity of Modified Binders”, *Proceedings of the Sixth-Second Annual Conference of the Canadian Technical Asphalt Association (CTAA): Halifax, Nova Scotia, 2017* (Р. Мораеш, Д. Свиртц, Г. Баиа. Сравнение новых методов испытаний и новых технических условий сопротивления образованию колеи и эластичности модифицированных вяжущих материалов // *Материалы 62-й ежегодной конференции Канадской технической ассоциации битума (CTAA). Галифакс, Новая Шотландия, 2017*).

В новейших исследованиях, выполненных в Австралии, обозначены вопросы, связанные с параметром «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)»

- Обнаружено, что большинство модифицированных полимерами вяжущих материалов не соответствуют ограничению параметра Jnr Diff, равному 75 %, как требуется в технических условиях AASHTO M332.
 - Источник: Greg White, “Grading highly modified binders by multiple stress creep recovery”, *Road materials and Pavement Design, volume 18, 2017, issue 6, page 1322-1327* (Грег Уайт. Классификация высокомодифицированных вяжущих материалов путем определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках // *Дорожные материалы и проектирование дорожных покрытий. Том 18, 2017. Выпуск 6, стр. 1322–1327*).

Ученые в Европе, изучающие метод определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках, также пришли к выводу о необходимости пересмотра параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)»

- Неудовлетворительная точность испытания при низком уровне напряжения (0,1 кПа). Однако необратимая деформация при ползучести (Jnr) при 0,1 кПа используется для расчета параметра Jnr Diff в текущем издании технических условий М332.
 - Неудовлетворительная корреляция с эксплуатационными показателями смесей битумов (сопротивление образованию колеи) при уровне напряжения 0,1 кПа.
- Источник: Lucie Benesova, Jan Valentin, “Influence of selected test parameters on measured values during the MSCR test”, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 236 (2017) 012016 (Люси Бенесова, Ян Валентин. Влияние выбранных параметров испытания на измеряемые значения при испытаниях по методу определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках // Серия «Конференции» Института физики (IOP): Материаловедение и технология металлов, 236 (2017) 012016).

В 2018 г. в публикациях Федерального управления автомобильных дорог США (FHWA) сообщалось о значительной вариабельности значения параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)»

Точность определения значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)

	Одно среднеквадратическое отклонение 1s, %	Два среднеквадратических отклонения d2s, %
Результат, полученный одним оператором	4,6	12,9
Результаты, полученные несколькими лабораториями	21,6	61,2

- Значение двух среднеквадратических отклонений d2s (%), полученное несколькими лабораториями, составляет 61,2 %. Это значит, что предел в 75 % для изменения значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff) может иметь диапазон допустимых значений $75 \pm 61,2$ %.
- Диапазон приемлемых значений слишком большой: 13,8–136,2 %.

Источник: Mr. Corrigan, Matthew (FHWA), Matthew.Corrigan@dot.gov
 May 10th 2018 communication to Expert Task Group. Based on data from
 AASHTO (Г-н Мэтью Корриган (FHWA). Сообщение экспертной исследовательской группе от 10 мая
 2018 г. На основании данных AASHTO).

Комментарии отраслевых объединений относительно параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)»

- Отрасль обеспокоена вариабельностью результатов испытаний необратимой деформации при ползучести (Jnr). (При использовании в качестве технических условий покупки поставщик/подрядчик подвергается риску.)
 - Источник: MSCR/Jnr Taskforce Report, PCCAS 2016 Conference (May 10 & 11)
 - Progress report of the Paving Asphalt Committee's
 - Robert P. Humer, PE.; Sr. Regional Engineer (for CA, AZ, NV, OR, WA and HI); Asphalt Institute (Отчет целевой рабочей группы по методу определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках (MSCR)/необратимой деформации при ползучести (Jnr) // Тихоокеанская конференция по техническим условиям на битум (PCCAS), 10–11 мая 2016 г. Отчет о ходе выполнения работ Комитета по дорожному битуму. Роберт П. Хамер, PE.; ведущий региональный инженер (для Калифорнии, Аризоны, Невады, Орегона, Вашингтона и Гавайев); Институт битума (http://www.pccas.org/uploads/3/4/5/9/34598789/humer_-_mscr-jnr_taskforce_report_2016.pdf).

Сертификация лабораторий по определению параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)» не может быть выполнена

Выдержки из заседания экспертной исследовательской группы в Солт-Лейк-Сити в 2017 г.

В перспективе:

- ▶ Мы будем продолжать запрашивать данные испытаний для всех отчетных параметров, указанных в методе определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках (MSCR) (T350/D7405).
- ▶ Административная рабочая группа проинформирована о ситуации.
 - ▶ Предложение программы аккредитации AASHTO (AASHTO Accreditation Program) заключается в том, чтобы административная рабочая группа при аккредитации не оценивала изменение восстановления в процентах и изменение в процентах значения необратимой деформации при ползучести.
 - ▶ По-прежнему проверять значения восстановления в процентах и необратимую деформацию при ползучести (Jnr) при 0,1 и 3,2 кПа соответственно.
- ▶ Продолжать оценку данных после каждого этапа программы проверки квалификации на образцах (Proficiency Sample Program) и выявлять проблемы (проверить модель и версию программного обеспечения).
- ▶ Необходима обратная связь?
 - ▶ Джон Маласки (jmalusky@amrl.net)

Источник: Mr. John Malusky, Manager of AMRL Proficiency Sample Program (Г-н Джон Маласки, руководитель программы проверки квалификации на образцах метрологической лаборатории конструкционных материалов AMRL)
http://www.pccas.org/uploads/3/4/5/9/34598789/2_malvern_casola_mscr_testing_april_2017.pdf

Актуальность параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)» для эксплуатационных показателей является сомнительной

Круговое сличение среди нескольких лабораторий при анализе по отдельному материалу, 2017 г.

asphalt institute

Обзор вариабельности параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)»:

Вариабельность параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)» в %:

Jnr diff <75 %	A		A		B		B		C		C		D		D	
Binder	A		A		B		B		C		C		D		D	
Temp	76 °C		64 °C		76 °C		64 °C		76 °C		64 °C		76 °C		64 °C	
Lab #1	69	Elas	2	Elas	60	Non-E	16	Non-E	39	Elas	6	Elas	20	Elas	5	Elas
	50	Elas	1	Elas	60	Non-E	18	Non-E	28	Elas	3	Elas	25	Elas	6	Elas
Lab #2	456	Elas	594	Non-E	105	Non-E	57	Elas	196	Elas	119	Elas	121	Elas	89	Elas
	680	Elas	2139	Elas	100	Non-E	54	Elas	173	Elas	125	Elas	106	Elas	89	Elas
Lab #3	715	Elas	453	Elas	87	Non-E	46	Elas	174	Elas	87	Elas	101	Elas	61	Elas
	643	Elas	387	Elas	91	Non-E	46	Elas	178	Elas	120	Elas	85	Elas	74	Elas
Lab #4	1875	Elas	1678	Non-E	74	Non-E	45	Elas	189	Elas	119	Elas	82	Elas	92	Elas
	795	Elas	160	Elas	63	Non-E	48	Elas	159	Elas	134	Elas	112	Elas	92	Elas

- Только в лаборатории № 1 получены результаты процентного изменения значения необратимой деформации при ползучести (% Jnr Diff) ниже 75 %.
- У всех 3 остальных лабораторий результаты определения процентного изменения значения необратимой деформации при ползучести (% Jnr Diff) значительно отличаются и находятся в диапазоне от 45 до 2139 %.
- **Заключение:** Представляется, что процентное изменение значения необратимой деформации при ползучести (% Jnr Diff) не может являться целесообразным требованием технических условий!

Источник: Robert P. Humer, P.E.; Sr. Regional Engineer (for CA, AZ, NV, OR, WA and HI); Asphalt Institute, 2017 PCCAS meeting (Роберт П. Хамер, Р.Е.; ведущий региональный инженер (для Калифорнии, Аризоны, Невады, Орегона, Вашингтона и Гавайев); Институт битума) (http://www.pccas.org/uploads/3/4/5/9/34598789/pccas__2017_pma_mini_rr_presentation.pdf)

Внедрение параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)» в США

- Аляска: требование отсутствует
- Джорджия: требование отсутствует
- Кентукки: требование отсутствует
- Луизиана: требование отсутствует
- Невада: только для отчетности
- Южная Каролина: требование отсутствует
- Западная Виргиния: отказ от применения для всех вяжущих материалов марки E

На территории США использование параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (J_{nr} Diff)» ограничено

- **Невада** является одним из нескольких штатов США, имеющим климатические зоны PG76. Министерство транспорта Невады приняло метод определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках с использованием параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (J_{nr} Diff)» только для отчетности

БИТУМИНОЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

703

ВЯЗКИЙ БИТУМ, МАРКА PG 76-22NV

ИСПЫТАНИЕ	МЕТОД ИСПЫТАНИЯ	ТРЕБОВАНИЕ
Испытания на исходном вязущем материале:		
Температура вспышки, °C	AASHTO T48	Мин. 230
Вязкость при 135 °C, Па·с	AASHTO T316	Макс. 3,00
Динамический сдвиг $G^*/\sin \delta$, температура испытания 76 °C при 10 рад/с, кПа	AASHTO T315	Мин. 1,30
Растяжимость при 4 °C, 5 см/мин, см	Nev. T746	Мин. 20
Растворимость, %	AASHTO T44	Мин. 99,0
Сито, удерживаемые твердые частицы	Nev. T730	0
Содержание полимеров, % масс.	(a)	Мин. 3,0
Испытания на остатке из конвекционной печи для испытания воздействия тепла и воздуха на битум в тонкой пленке, Nev. T728:		
Потеря массы, %	Nev. T728	Макс. 1,00
Упругое восстановление после ползучести $R_{3,2}$, температура испытания 76 °C при 3,2 кПа, %	AASHTO T350	Мин. 30,0
Необратимая деформация при ползучести $J_{nr3,2}$, температура испытания 76 °C при 3,2 кПа, кПа ⁻¹	AASHTO T350	Макс. 2,0
Изменение значения необратимой деформации при ползучести J_{nrdiff} , %	AASHTO T350	Отчет
Испытания на остатке из сосуда для старения под давлением, AASHTO R28 при 110 °C:		
Динамический сдвиг $G^*/\sin \delta$, температура испытания 31 °C при 10 рад/с, кПа	AASHTO T315	Макс. 5000
Жесткость ползучести S , температура испытания -12°C в течение 60 с, МПа	AASHTO T313	Макс. 300
Жесткость ползучести, m -значение, температура испытания -12°C в течение 60 с, МПа	AASHTO T313	Мин. 0,300

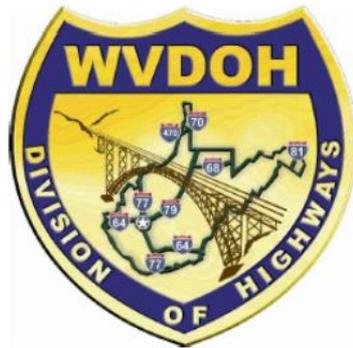
(a) Сертификаты соответствия материала должны удостоверять наличие минимального содержания полимеров. Управление оставляет за собой право проверять содержание полимеров в соответствии с AASHTO T302. Если результаты испытания указывают, что минимальное содержание полимеров не обеспечено, материал больше не может быть условно допущен на основании сертификата соответствия.

Источник: Standard Specifications for Road and Bridge Construction, Nevada DOT, 2014 (Стандартные технические условия на строительство дорог и мостов, Управление транспорта Невады, 2014 г.)

На территории США использование параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)» ограничено

- **Западная Виргиния** отказывается от применения параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)» для всех вяжущих материалов марки E.

WEST VIRGINIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION DIVISION OF HIGHWAYS



2018 SUPPLEMENTAL SPECIFICATIONS

SECTION 705 ASPHALT MATERIALS

705.5-PERFORMANCE GRADED ASPHALT BINDERS:

DELETE THE CONTENTS AND REPLACE WITH THE FOLLOWING:

Performance Graded (PG) Asphalt Binders shall conform to the requirements in Table 1 of AASHTO M-332, with the following deviations:

- Manufacturers are not required to meet the requirements of AASHTO T-314 in Direct Tension.
- Для марок вяжущих материалов с требованием максимального значения $Jnr_{3,2}$ равного $0,5 \text{ kPa}^{-1}$ от производителя не требуется обеспечивать соответствие требованиям 75 % для изменения значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff).
- The indication of elastic response for PG 64E – 22 binders shall be determined using the Appendix X1-Indications of Elastic Response in AASHTO M 332.
- For Standard Testing Temperatures see Table 705A below.

Table 705A – Performance Graded Asphalt Binders

Binder Grade Designations	Testing Temperature	Non-recoverable creep compliance at 3.2kPa, Jnr (3.2), kPa^{-1} , Max	% Difference in Non-Recoverable Creep Compliance, Jnr(diff), %, Max
PG 58S – 28	58°C	4.5	75%
PG 64S – 22	64°C	4.5	75%
PG 64H – 22	64°C	2.0	75%
PG 64E – 22	64°C	0.5	-

A certified producer or distribution terminal will be the last source to handle/manipulate a PG binder before being shipped to an asphalt concrete plant or project. The producer or terminal will provide the PG binder certification report with the shipment.

На территории США использование параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)» ограничено

Объединенная группа штатов по вяжущим материалам

Январь 2017 г.



Метод приемки битумных
вяжущих материалов

Управление транспорта Айовы
Управление транспорта Миннесоты
Управление дорог Небраски
Управление транспорта Северной Дакоты
Управление транспорта Южной Дакоты
Управление транспорта Висконсина

Important Notification

AASHTO M332 Implementation time frame by State Members

IOWA: Full implementation on projects let after October 2016. Will have some carryover for AASHTO M320. Отказ от применения параметра изменения значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Difference) для марок E.

MINNESOTA: Full implementation the same as IA and NE, which started in January 2016 and will allow a change order from AASHTO M320 to AASHTO M332. Отказ от применения параметра изменения значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Difference) для марок E

NEBRASKA: In spec as of September 2016 and full implementation for Contracts let from October 2016 forward. Carryover and Prior contracts will have varying degrees of AASHTO M320 and varying degrees of AASHTO M332 implementation. Отказ от применения параметра изменения значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Difference).

NORTH DAKOTA: Job specific, probably another year before full implementation of AASHTO M332.

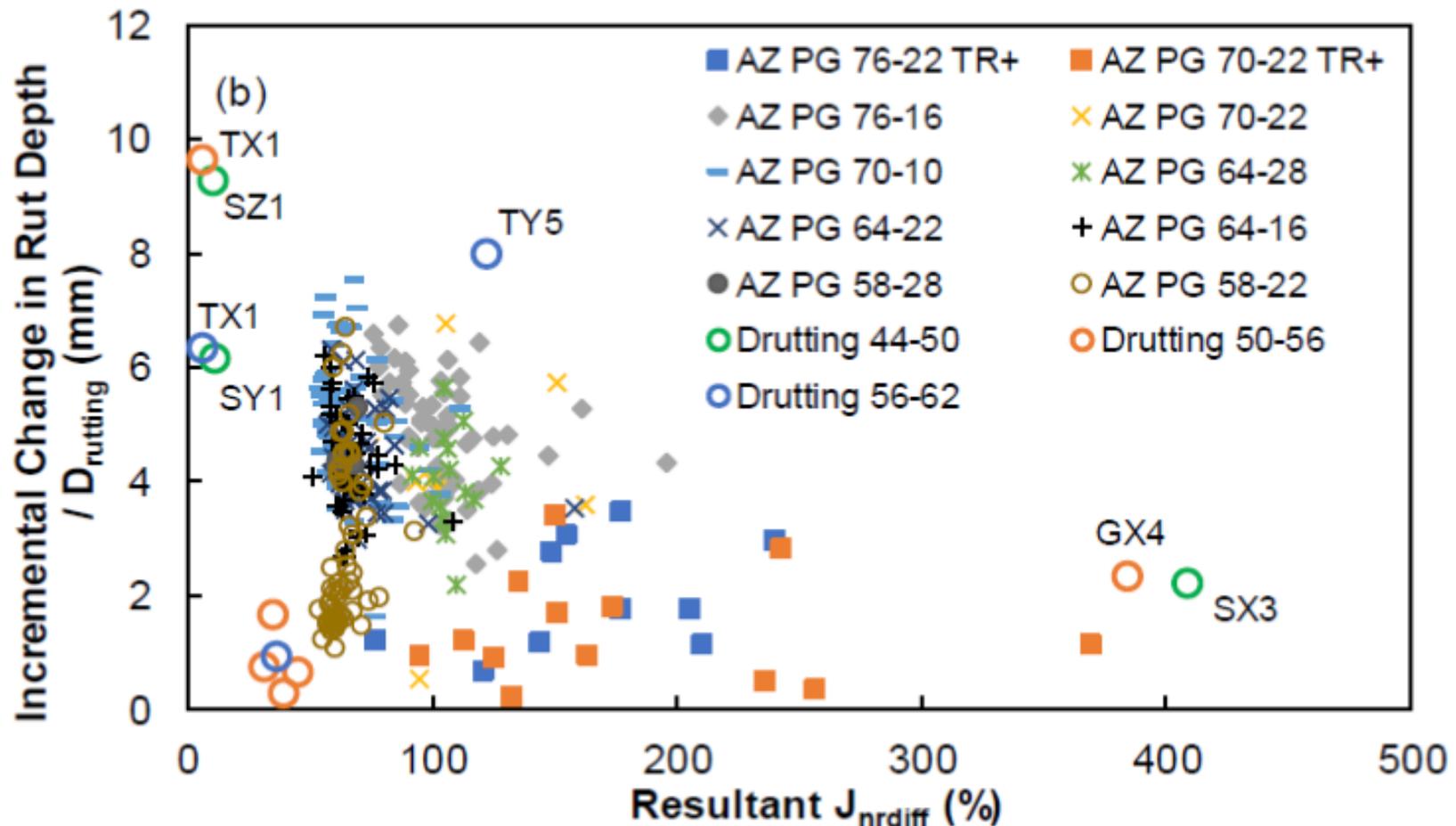
SOUTH DAKOTA: Implement by supplemental spec, approx. 1/3 with AASHTO M332, 2/3 with AASHTO M320.

WISCONSIN: Starting with April 2016 lets, all project designs will use AASHTO M332 (MSCR) specification for the testing of asphalt binders. Contracts let before this date, and carry over projects from 2015 will be tested under AASHTO M320. Отказ от применения параметра изменения значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Difference).

Источник: Combined State Binder Group; Method of Acceptance for Asphalt Binders; January 2017, P. li (Объединенная группа штатов по вяжущим материалам. Метод приемки битумных вяжущих материалов. Январь 2017, ч. II)

В недавних исследованиях департамента транспорта Аризоны

Данные ниже были взяты из недавнего исследования опубликованного в мае 2019. Исследователи пришли к заключению что результаты “подтверждают, что $J_{nr\ diff}$ не показывает существенной корреляции с эксплуатационными характеристиками.”



(https://apps.azdot.gov/files/ADOTLibrary/publications/project_reports/pdf/spr742.pdf)

Внедрение технических условий метода определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках (MSCR): другие страны

- Многие страны, такие как Южная Африка, Катар и Австралия, рассматривающие возможность применения испытания по методу определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках (MSCR) и технических условий AASHTO M332, не учитывают ограничения для параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)»:
 - Южная Африка: используется только значение необратимой деформации при ползучести при 3,2 кПа (таким образом, изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff) не используется) [1];
 - Австралия: большинство высокомодифицированных вяжущих материалов не отвечают требованиям по параметру «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)» [2];
 - Катар: согласно IAN 100 2015 изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff) указывается только для отчетности [3].
- Поэтому необдуманное внедрение технических условий AASHTO M332 (с использованием параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (Jnr Diff)») не представляется полезным и целесообразным.

[1] South Africa Bituminous Association (SABITA) Asphalt News Issue 3, 2015, P.16 (Южно-Африканская битумная ассоциация (SABITA). Новости битумов. Выпуск 3, 2015, стр. 16).

[2] Greg White, "Grading highly modified binders by multiple stress creep recovery", *Road materials and Pavement Design, volume 18, 2017, issue 6, page 1322-1327* (Грег Уайт. Классификация высокомодифицированных вяжущих материалов путем определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках // Дорожные материалы и проектирование дорожных покрытий. Том 18, 2017. Выпуск 6, стр. 1322–1327).

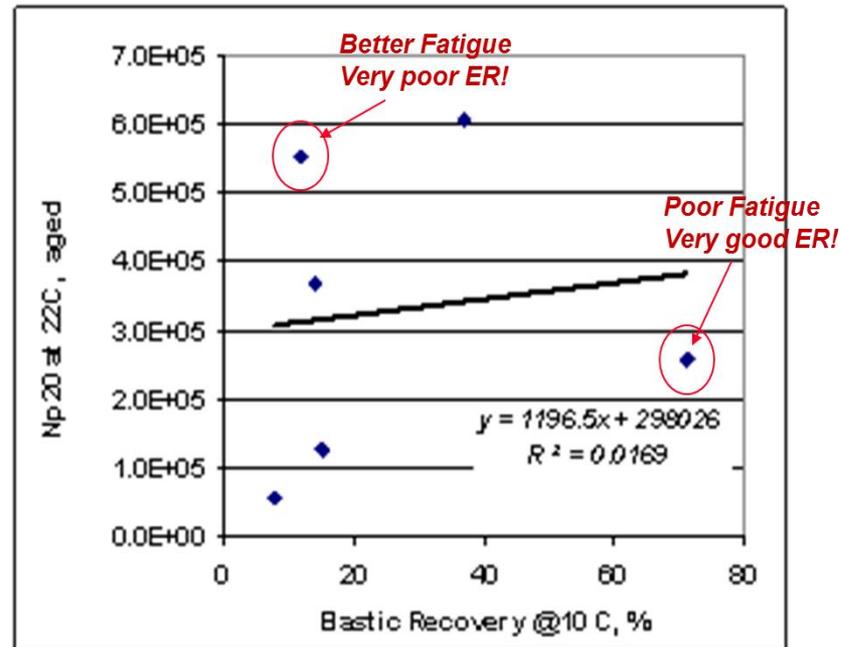
[3] ASHGHAL IAN 100. Август 2015 г.

Новые технические условия Южной Африки: параметр «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (J_{nr} Diff)» отсутствует

Свойство	Предлагаемая классификация							
	58S	64S	58H	64H	58V	64V	58E	64E
	-22	-16	-22	-16	-22	-16	-22	-16
Максимальная расчетная температура дорожного покрытия T _{max} , °C	58	64	58	64	58	64	58	64
Минимальная температура классификации T _{min} , °C	-22	-16	-22	-16	-22	-16	-22	-16
Исходный вяжущий материал								
G*/sin δ, 10 рад/с при T _{max} , минимум	1,0	1,0	Нет					
G*, δ, 0,05–20 рад/с при $([(T_{max} - T_{min})/2] + 4)$, °C	Отчет							
Вязкость при 135 °C, Па·с, максимум	3,0							
Температура вспышки, °C, минимум	230							
Устойчивость при хранении, макс. разница в %, G* _T и G* _B при T _{high}	10							
Вяжущий материал из конвекционной печи для испытания воздействия тепла и воздуха на битум в тонкой пленке								
Максимальное изменение массы, м/м %	1,0							
J _{nr} (ASTM D7405) при T _{high} , максимум	4,5	4,5	2,0	2,0	1,0	1,0	0,5	0,5
G*, δ, 0,05–20 рад/с при $([(T_{max} - T_{min})/2] + 4)$, °C	Отчет							
Коэффициент старения, G* _{RTFOT} /G* _{Original} , максимум (10 рад/с)	3,0							
Вяжущий материал из сосуда для старения под давлением								
S (60 с) при T _{min} + 10 °C, МПа, максимум	300							
m (60 с) при T _{min} + 10 °C, минимум	0,300							
ΔT, с, минимум	-5							
G*, δ, 0,05–20 рад/с при $([(T_{max} - T_{min})/2] + 4)$, °C	Отчет							
Коэффициент старения, G* _{PAV} /G* _{Original} , максимум (10 рад/с)	6,0							

Используется
только
J_{nr} при 3,2 кПа

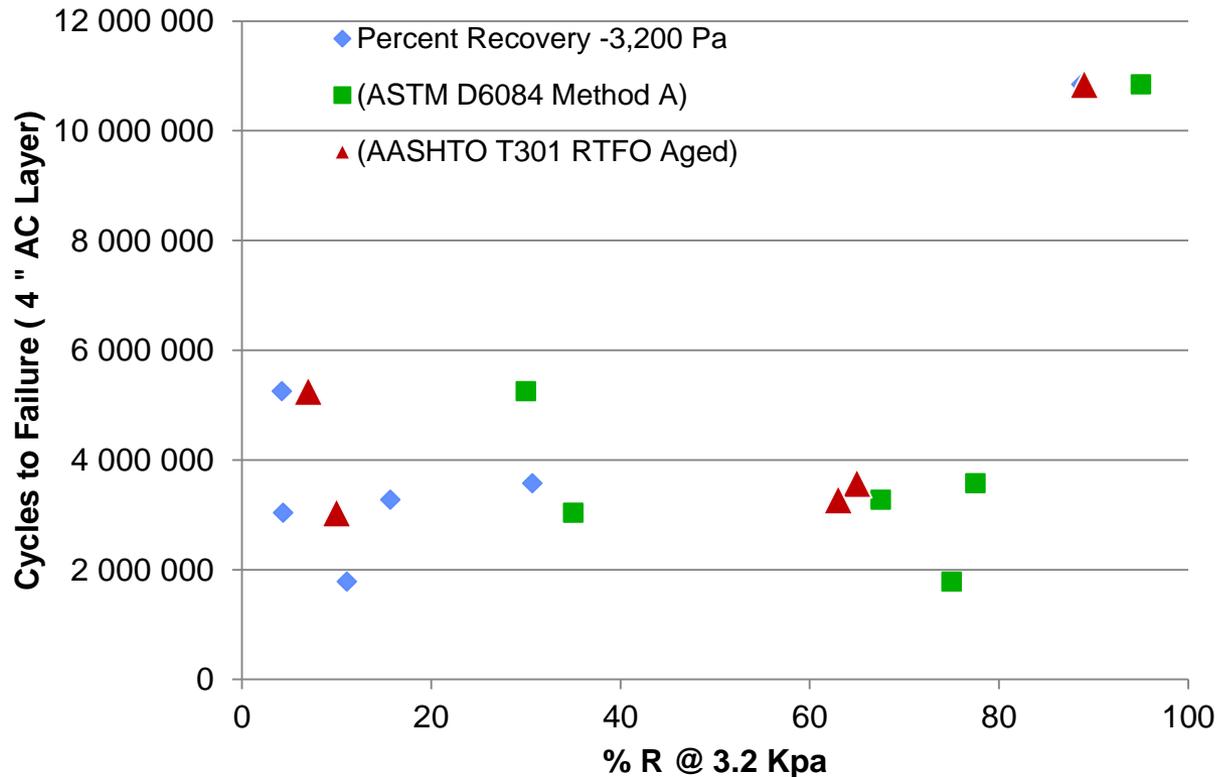
Эластичность не является хорошим индикатором эксплуатационных характеристик



Elastic Recovery does not relate to fatigue

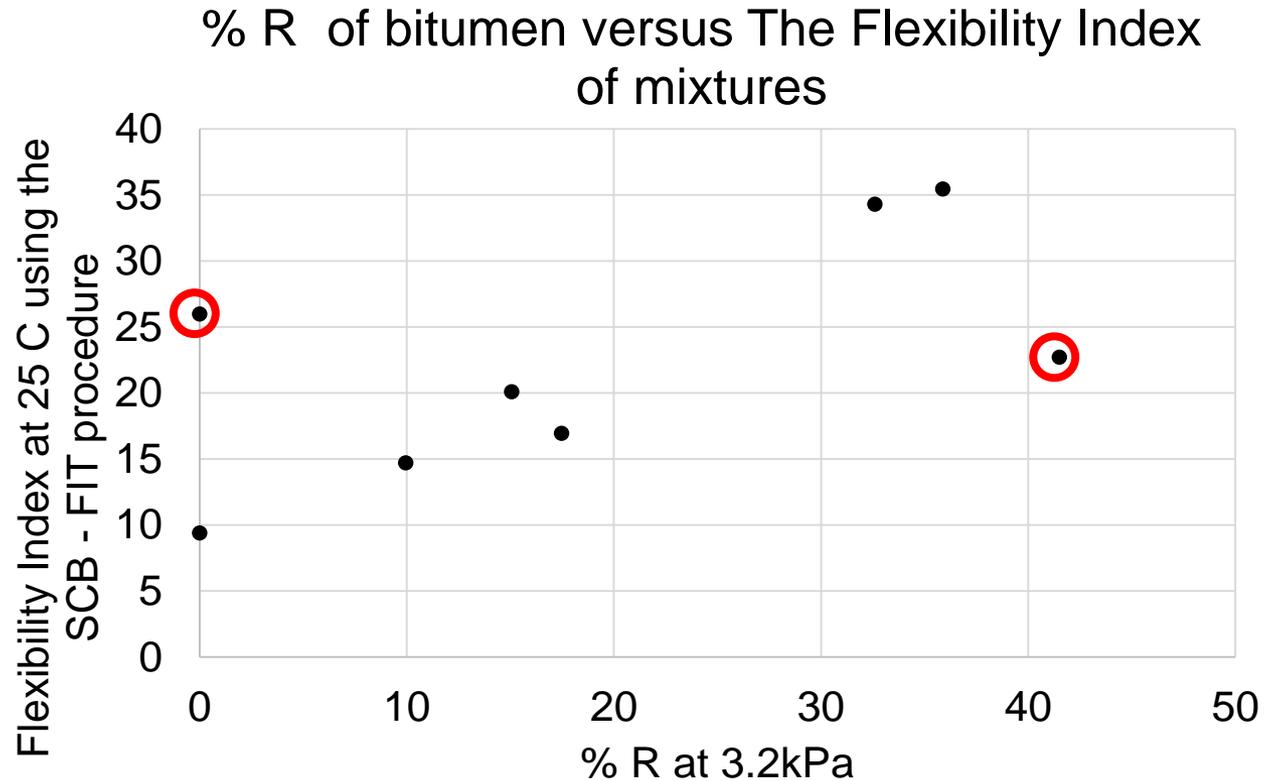
Source: CTAA 2007 – Award winning paper

MSCR (%R- процент восстановления) не коррелирует с усталостными характеристиками



Source of Data : Magower et al. 2011(3)

MSCR % R не относится к индексу эластичности (ИЭ) смесей



Source of Data: WHRP Report 17-04, 2019 (6)

Выводы и рекомендации

- Технические условия AASHTO M332 являются шагом вперед в части взаимосвязи свойств битумов с эксплуатационными показателями смесей.
- Тем не менее, ведутся серьезные споры и имеются сомнения по поводу использования ограничений параметра «Изменение значения необратимой деформации при ползучести (J_{nr} Diff)» в технических условиях.
 - Отмечается недостаточная воспроизводимость значений необратимой деформации при ползучести (J_{nr}) при 0,1 кПа, в частности, для высокомодифицированных вяжущих материалов со значением J_{nr} ниже $0,5 \text{ кПа}^{-1}$.
 - Отсутствует взаимосвязь изменения значения необратимой деформации при ползучести (J_{nr} Diff) с эксплуатационными показателями.
 - Использование ограничения в 75 % может привести к получению составов, которые оказываются чрезвычайно сложными в обращении при производстве из-за того, что производитель продолжает пытаться формировать поперечные связи в структуре материала и (или) увеличивать содержание полимеров.
- Зависимость от напряжения важна, но она должна быть экспериментально определена надлежащим образом.
- Показатель % R введен для контроля содержания эластомеров, но не является показателем каких-либо эксплуатационных характеристик.
- Полимеры отличные от эластомеров могут быть такими же или даже лучшими модификаторами. Ограничение связанное с применением только эластомеров не является научно обоснованным.