

Совсем недавно была выпущена в производственную эксплуатацию новая версия программного продукта CREDO РАДОН RU. Мы благодарим пользователей нашей программы, а также производителей геосинтетических материалов, которые предоставляют нам данные для внесения новых материалов в базы программы. И рады в дальнейшем продолжать такое сотрудничество.

## **CREDO РАДОН RU – инновационные материалы и новые технологии для устройства конструкций дорожных одежд**

В настоящее время конструкции дорожных одежд на автомобильных дорогах России и зарубежья зачастую не отвечают требованиям по долговечности и несущей способности. Это связано с постоянным ростом интенсивности движения, грузонапряженности перевозок, появлением новых видов транспортных средств с увеличенными нагрузками на оси. Следствием этого является быстрое разрушение покрытий автомобильных дорог, колеобразование. А значит покрытия нежестких дорожных одежд приходится ремонтировать чаще, межремонтные сроки сокращаются, увеличиваются затраты на содержание и последующий ремонт.

Помочь в сложившейся ситуации может разработка и применение новых технологий, позволяющих либо быстро отремонтировать покрытие существующих автомобильных дорог, либо сразу строить более прочные и долговечные слои дорожной одежды. Примером первого направления могут служить различные модификации технологий регенерации, когда за один проход перерабатывают верхний слой разрушенного покрытия с добавлением малого количества новых дорожно-строительных материалов. Второе направление шире: оно включает применение таких материалов, как цементобетон, щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) и многих других, а также композитных материалов на основе асфальто- и цементобетона.

Дальше в статье мы рассмотрим наиболее актуальные в современном строительстве технологии и новые материалы, которые могут использоваться в программе CREDO РАДОН RU.

### **Технология холодной регенерации**

В последние годы в России при проведении дорожно-строительных работ, связанных с ремонтом или реконструкцией автомобильных дорог, широкое распространение получила технология холодной регенерации - холодный ресайклинг. В отличие от устаревших методов эта технология имеет ряд неоспоримых преимуществ: возможность использования имеющихся материалов в существующей дорожной одежде для устройства новых слоев оснований и покрытий, повышение несущих характеристик дорожных одежд без устройства дополнительных слоев оснований, сокращение сроков проведения работ и, в некоторых случаях, снижение сметной стоимости.

Технологии холодного ресайклинга подразделяются на глубокую регенерацию и частичную. Глубокая холодная регенерация - это метод создания нового слоя основания или покрытия путем фрезерования существующего слоя покрытия из асфальтобетона на полную толщину с захватом при этом нижележащего слоя основания и последующего укрепления полученного асфальтобетонного гранулята (АГ) различными видами вяжущих материалов. Основным механизмом при проведении работ этим методом является ресайклер.

Под частичной холодной регенерацией подразумевают ресайклинг части асфальтобетонного покрытия без захвата при фрезеровании нижележащих слоев оснований. Приготовление холодной регенерированной смеси производится путем добавления в полученный АГ различных типов вяжущих материалов. Приготовление смеси осуществляется как на месте производства работ с использованием специализированных механизмов - ремиксеров, так и с использованием различных типов смесительных установок и разрывом цикла производства работ. Также, для улучшения гранулометрического состава асфальтогранулобетона и повышения физико-механических показателей регенерированного асфальтобетона, дополнительно могут применяться минеральные каменные материалы различных фракций. Данная методика применяется в основном для ремонта асфальтобетонных покрытий и решения технических вопросов по трещинообразованию и колееобразованию в слоях асфальтобетонных покрытий.

Наибольшее распространение в России получил метод глубокой холодной регенерации. Это связано с тем, что большая часть автомобильных дорог требует капитального ремонта или реконструкции, так как несущая способность дорожных одежд не соответствует фактически имеющейся нагрузке и интенсивности движения транспорта. Применение метода глубокой холодной регенерации позволяет создать новый слой основания, способный обеспечить требуемые физико-механические показатели дорожной одежды.

В зависимости от вида нового вяжущего, вводимого в АГ при приготовлении асфальтогранулобетонных смесей, их подразделяют на следующие типы:

А - без добавления вяжущего;

Э - с добавлением битумной эмульсии;

В - с добавлением вспененного битума;

Б - с добавлением разогретого битума;

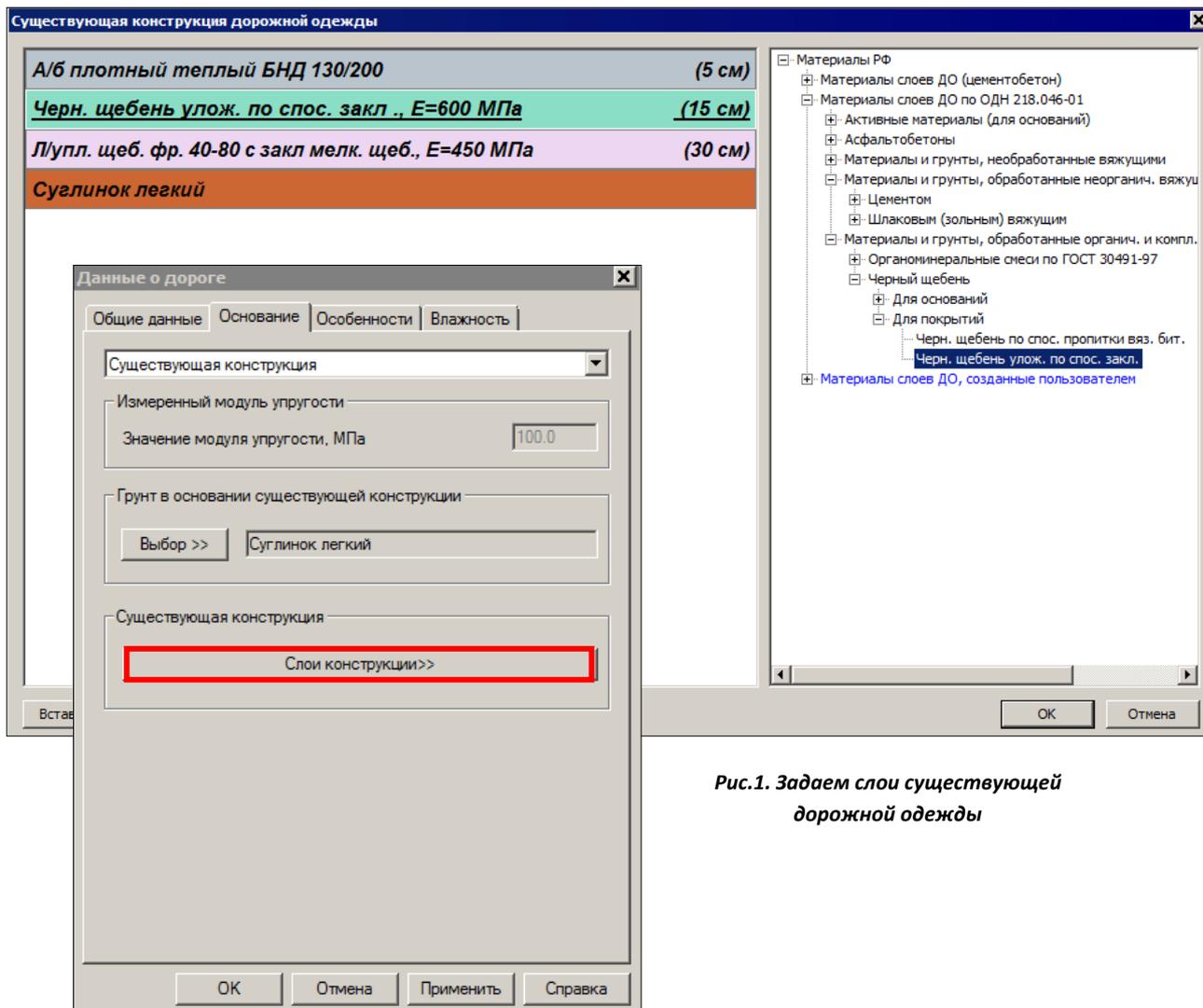
М - с добавлением минерального вяжущего (чаще всего цемента или извести);

К - с добавлением комплексного вяжущего (чаще всего битумной эмульсии и цемента).

В версии 3.50 программы CREDO РАДОН RU в библиотеку Материалы слоев ДО, созданные пользователем базы материалов добавлена группа материалов Асфальтогранулобетонные смеси (технология холодной регенерации) с разными видами вяжущего (рис. 2).

При выполнении технологии холодной регенерации в программе CREDO РАДОН RU выполняется следующая последовательность работ при назначении конструкции дорожной одежды:

- Необходимо выбрать методику расчета **Расчет усиления конструкции существующей дорожной одежды по методике ОДН 218.046-2001.**
- Задать конструкцию существующей дорожной одежды (рис. 1).



**Рис.1. Задаем слои существующей дорожной одежды**

- Задать новые слои дорожной одежды, в том числе слой асфальтогранулобетонной смеси с нужным видом вяжущего (рис. 2).

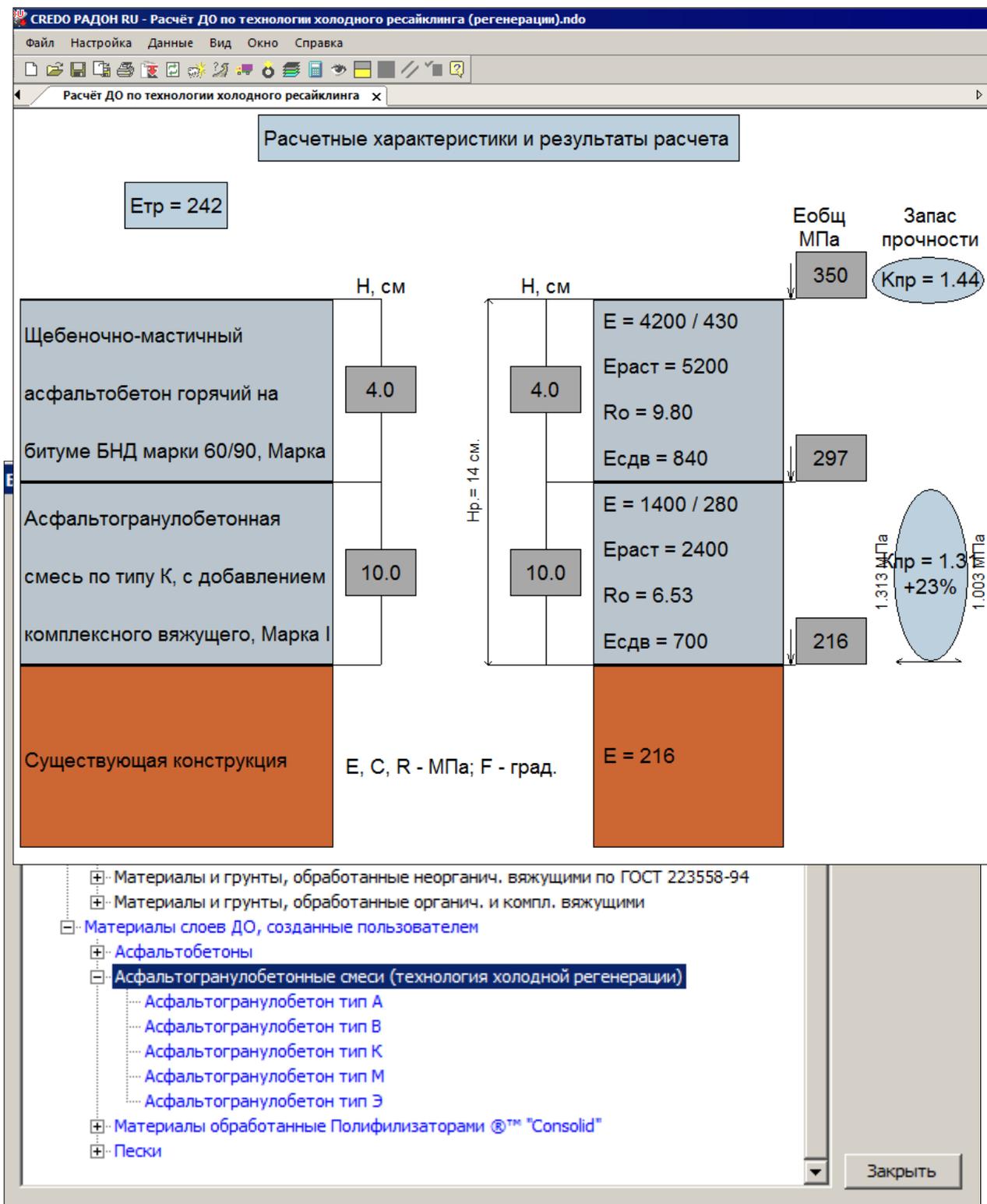


Рис.2. Конструкция дорожной одежды по технологии холодной регенерации в программе Радон RU

## Применение технологии стабилизации грунтов полифилизаторами

Данная технология предполагает рыхление грунта земляного полотна, внесение добавок и последующее уплотнение стабилизированного слоя.

Применение такой технологии эффективно при строительстве и ремонте автомобильных дорог I–V категорий (рис. 3), строительстве временных технологических и вспомогательных дорог, парковочных площадок.

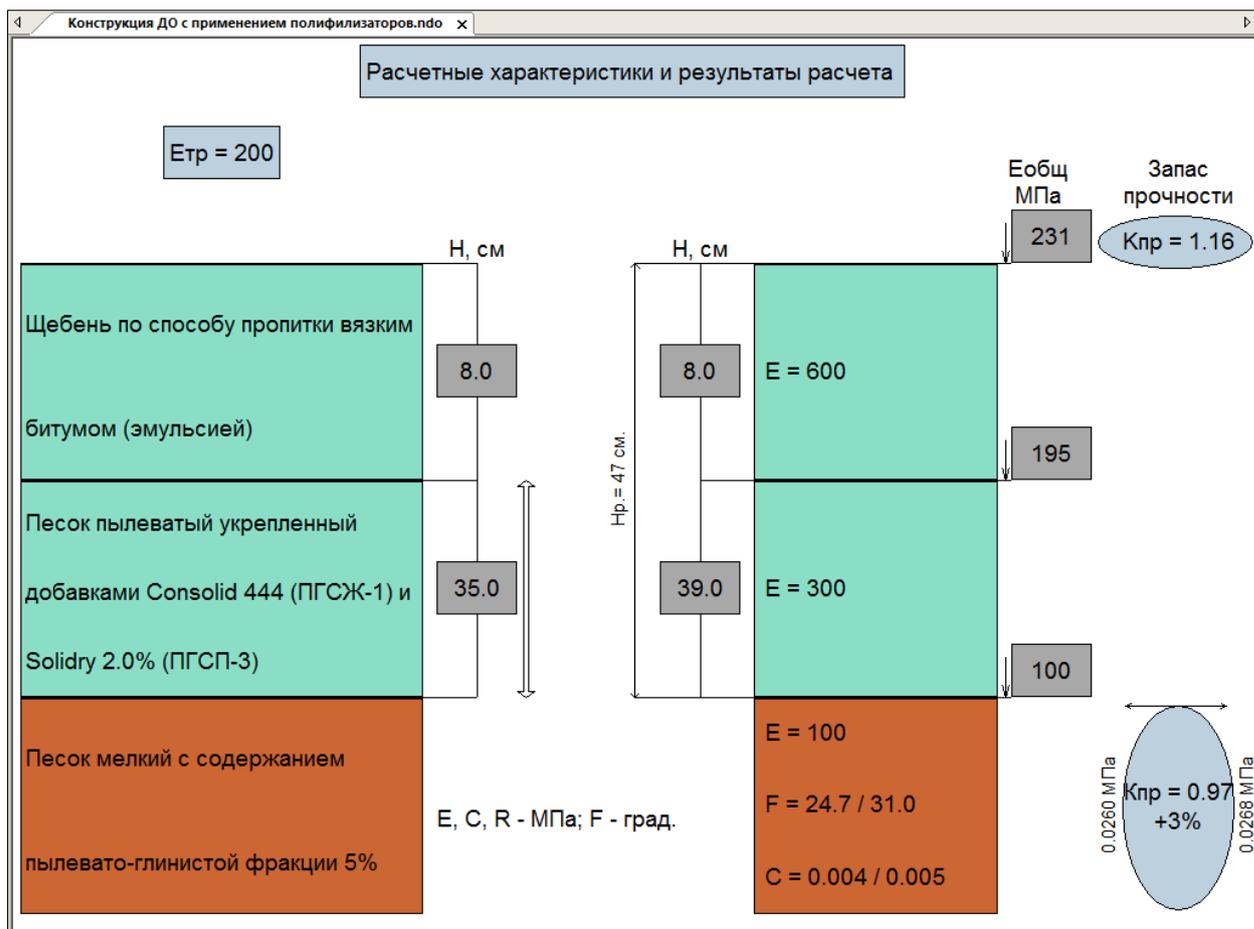


Рис. 3 Расчет дорожной одежды переходного типа с применением слоя песка, укрепленного полифилизаторами

Обработка грунтов земляного полотна полифилизаторами позволяет использовать непригодные для строительства грунты при сохранении несущей способности грунтового основания за счет повышения его прочностных свойств и хорошей распределяющей способности. В дополнение к этому значительно улучшается водно-тепловой режим земляного полотна, снижается или полностью устраняется морозное пучение грунта за счет того, что водонасыщение не превышает 1,5% в теле полотна.

Особенно существенно эффект применения полифилизаторов проявляется при использовании в строительстве пылеватых песков и глинистых грунтов. Такие грунты в процессе стабилизации превращаются в монолитную массу с совершенно новыми физико-механическими свойствами. Эффект достигается в результате взаимодействия пылеватых и глинистых частиц грунта с вяжущими и ПАВ.

Также технология позволяет использовать местные грунты вместо дорогих и дефицитных привозных материалов (песок, гравий и щебень).

Подробнее с технологией стабилизации грунтов полифилизаторами можно ознакомиться на сайте компании «МД Системы» <http://www.md-systems.ru>.

В программе CREDO РАДОН RU материалы, обработанные полифилизаторами, можно назначить в конструкции дорожной одежды из группы **Материалы, обработанные полифилизаторами** библиотеки **Материалы слоев ДО, созданные пользователем** (рис. 4).

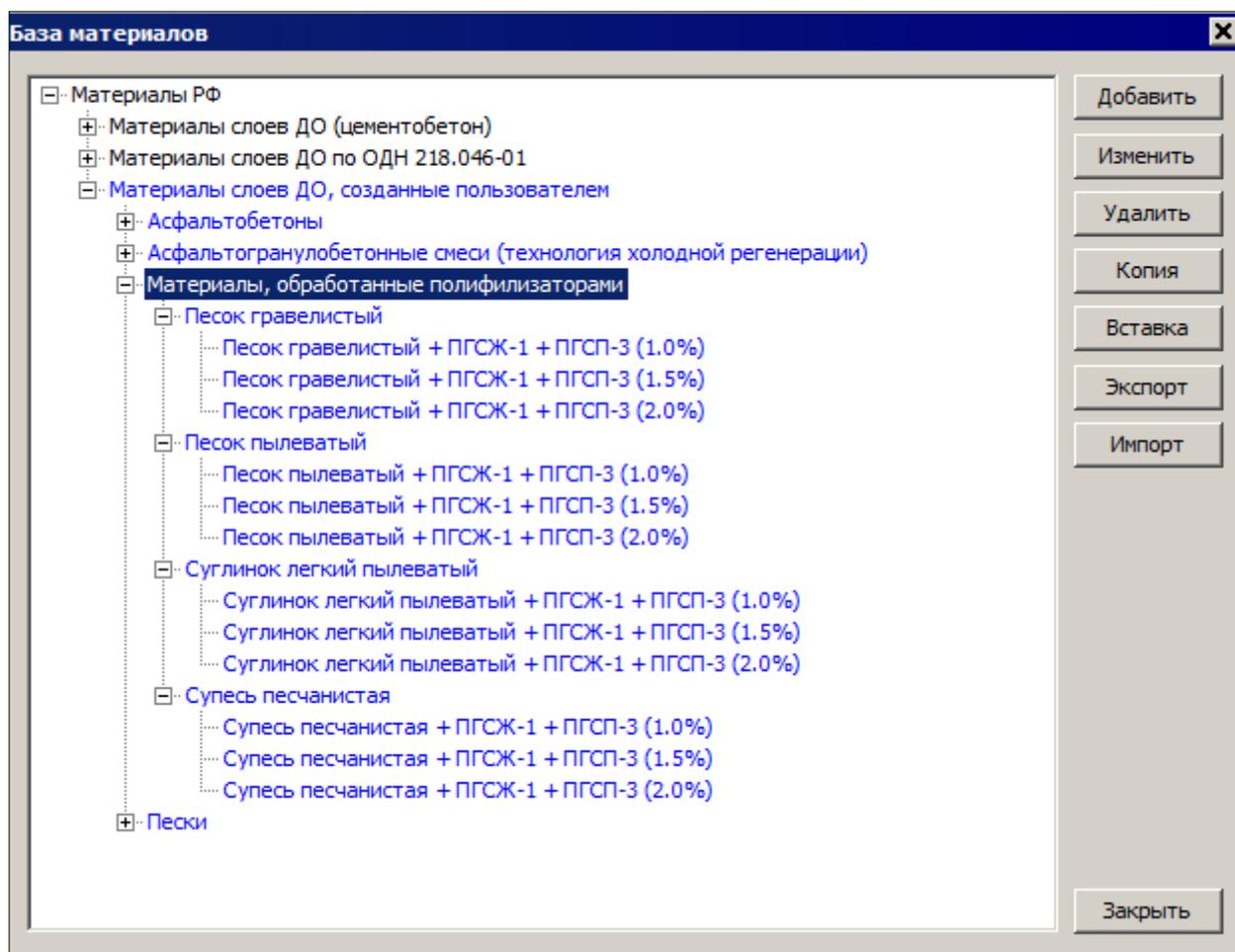
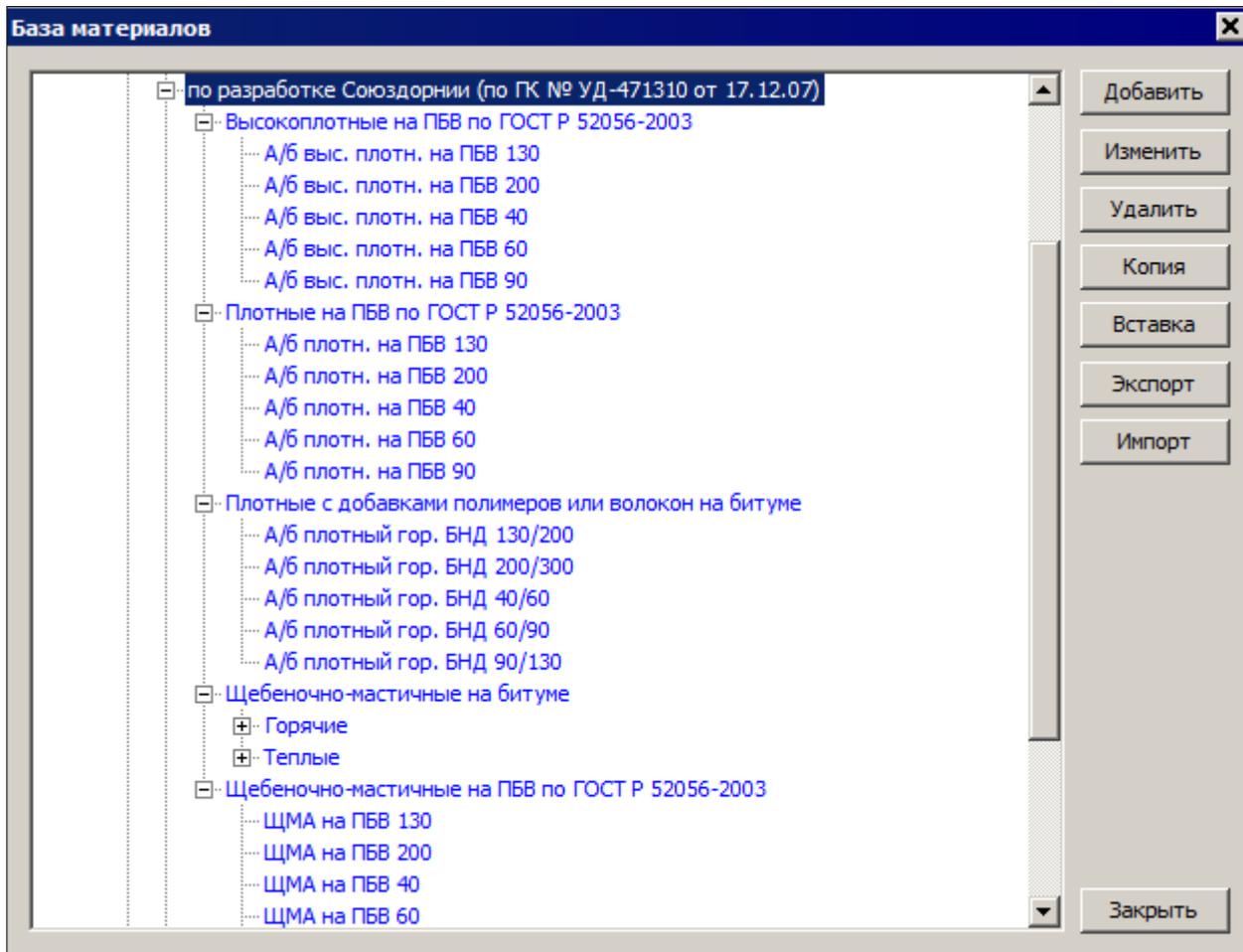


Рис. 4. Группа материалов, укрепленных полифилизаторами

Материалы этой группы представляют собой песчаные и глинистые грунты, обработанные добавкой «Консолид 444» (ПГСЖ-1) плюс «Солидрай» (ПГСП -3).

## **Инновационные материалы для устройства покрытий нежестких дорожных одежд**

В базу материалов новой версии программы CREDO РАДОН RU добавлена новая группа асфальтобетонов (рис. 5). Эта группа представлена **асфальтобетонами с полимерно-битумными вяжущими и щебеночно-мастичными асфальтобетонами**.



*Рис. 5. Группа асфальтобетонов с полимерно-битумными вяжущими и щебеночно-мастичными асфальтобетонами*

Одной из наиболее эффективных инновационных технологий в дорожном строительстве является использование **асфальтобетонных покрытий, изготовленных с использованием полимерно-битумных вяжущих**. Полимерно-битумные вяжущие (ПБВ) на основе термоэластопластов являются качественно новым материалом, позволяющим повысить срок службы дорожного покрытия. По сравнению с нефтяными дорожными битумами полимерно-битумные вяжущие обладают новым комплексом свойств: эластичностью, трещиностойкостью, широким интервалом пластичности, повышенной прочностью при растяжении.

Использование ПБВ обеспечивает снижение совокупной стоимости строительства автодорог на 30%, повышение срока службы дорожного покрытия в 2-3 раза, а также снижение шума на дороге в 3-4 раза. За счет применения ПБВ происходит снижение среднегодовых расходов на содержание дорог на 55-60%.

ПБВ рекомендуется применять для устройства асфальтобетонных покрытий и поверхностных обработок в первую очередь на наиболее ответственных участках автомобильных дорог. Особенно эффективно их применение в районах с резко континентальным климатом, а также на объектах с повышенными динамическими

воздействиями на покрытие (например, на полосах примыкания к трамвайным путям и т.п.)

Из новых материалов, включенных в базу программы CREDO РАДОН RU, большую популярность в дорожном строительстве приобрели **щебеночно-мастичные асфальтобетоны** (рис. 6).

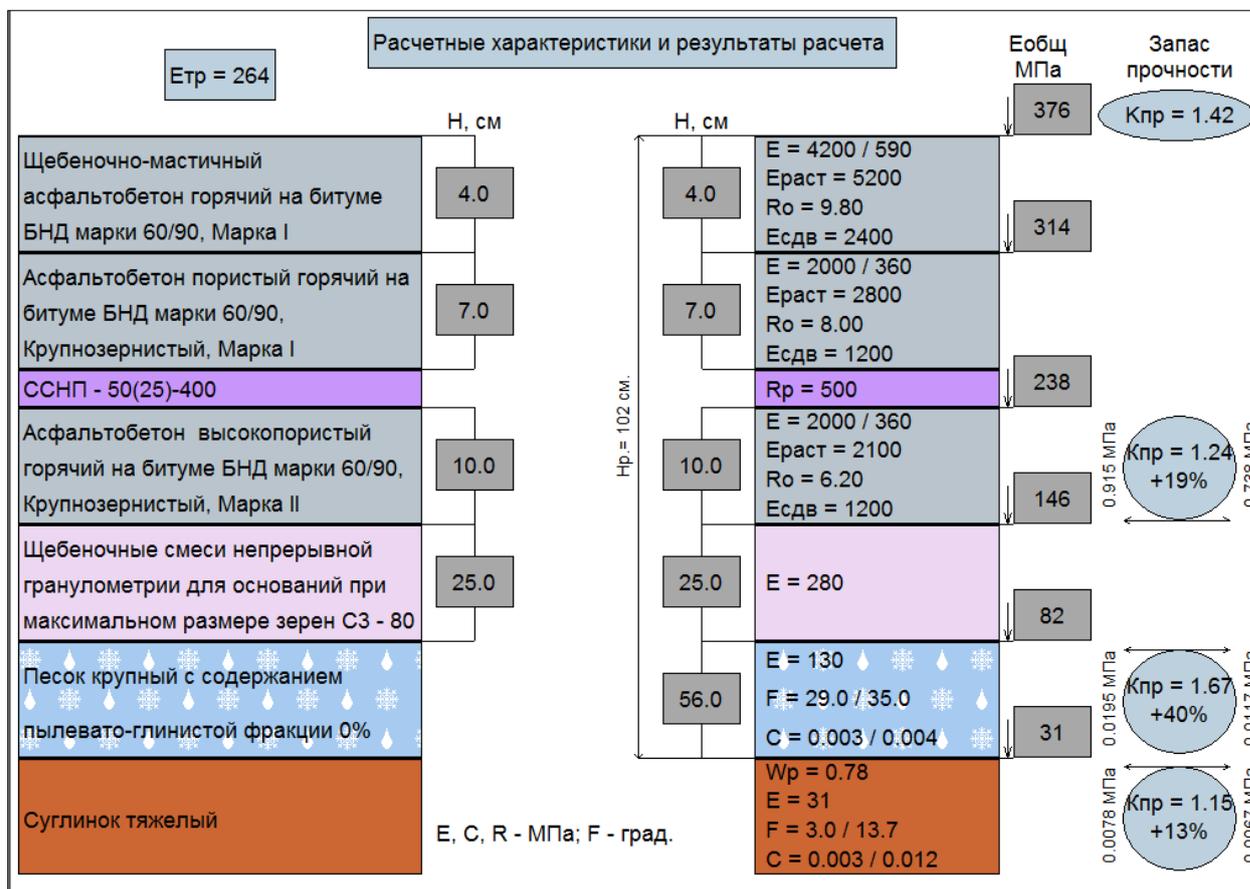


Рис. 6. Конструкция дорожной одежды с ЩМА в верхнем слое покрытия и прослойкой из геосетки компании РЕКСТРОМ-К»

Зерновой состав ЩМА включает высокое содержание фракционированного щебня (70-80% по массе) с улучшенной (кубовидной) формой зерен с целью создания максимально устойчивого минерального остова в уплотненном слое покрытия. Сдвигоустойчивость покрытия из ЩМА, характеризующая сопротивление колееобразованию, обеспечивается, главным образом, требуемым значением коэффициента внутреннего трения. Поэтому в песчаной части смеси применяется исключительно песок из отсевов дробления горных пород, так как природный песок снижает коэффициент внутреннего трения. Кроме того, высокое содержание крупной фракции каменного материала в ЩМА позволяет получить шероховатую поверхность покрытия и обеспечить требуемые значения коэффициента сцепления колеса с покрытием.

Следующей особенностью ЩМА является повышенное, по сравнению с традиционными горячими смесями, содержание битума (5,5 - 7,5%). Большое количество вяжущего препятствует проникновению влаги внутрь слоя, повышает устойчивость к старению, водо- и морозостойкость, трещиностойкость и, в конечном счете, значительно увеличивает долговечность покрытия. Однако повышенное содержание битумного вяжущего в смеси нужно стабилизировать, то есть предотвратить его отслоение и

стекание с поверхности зерен щебня при высоких технологических температурах приготовления, хранения, транспортирования и укладки. Данная проблема легко решается введением в смесь стабилизирующей добавки, например целлюлозного волокна.

Использование в конструкциях дорожных одежд асфальтобетонных покрытий из ЩМА позволяет строить дороги в соответствии со всеми требованиями по долговечности, ровности, шероховатости (коэффициенту сцепления).

## Новые геосинтетические материалы в программе CREDO РАДОН RU

Базы геосинтетических материалов программы CREDO РАДОН RU пополнились новыми материалами компаний «Машина-ТСТ» и «РЕКСТРОМ-К».

Геосинтетики этих производителей добавились в расчеты по методикам ОДМ 218.5.002-2008, ОДМ 218.5.001-2009, ОДМ 218.5.003-2010 (рис. 7).

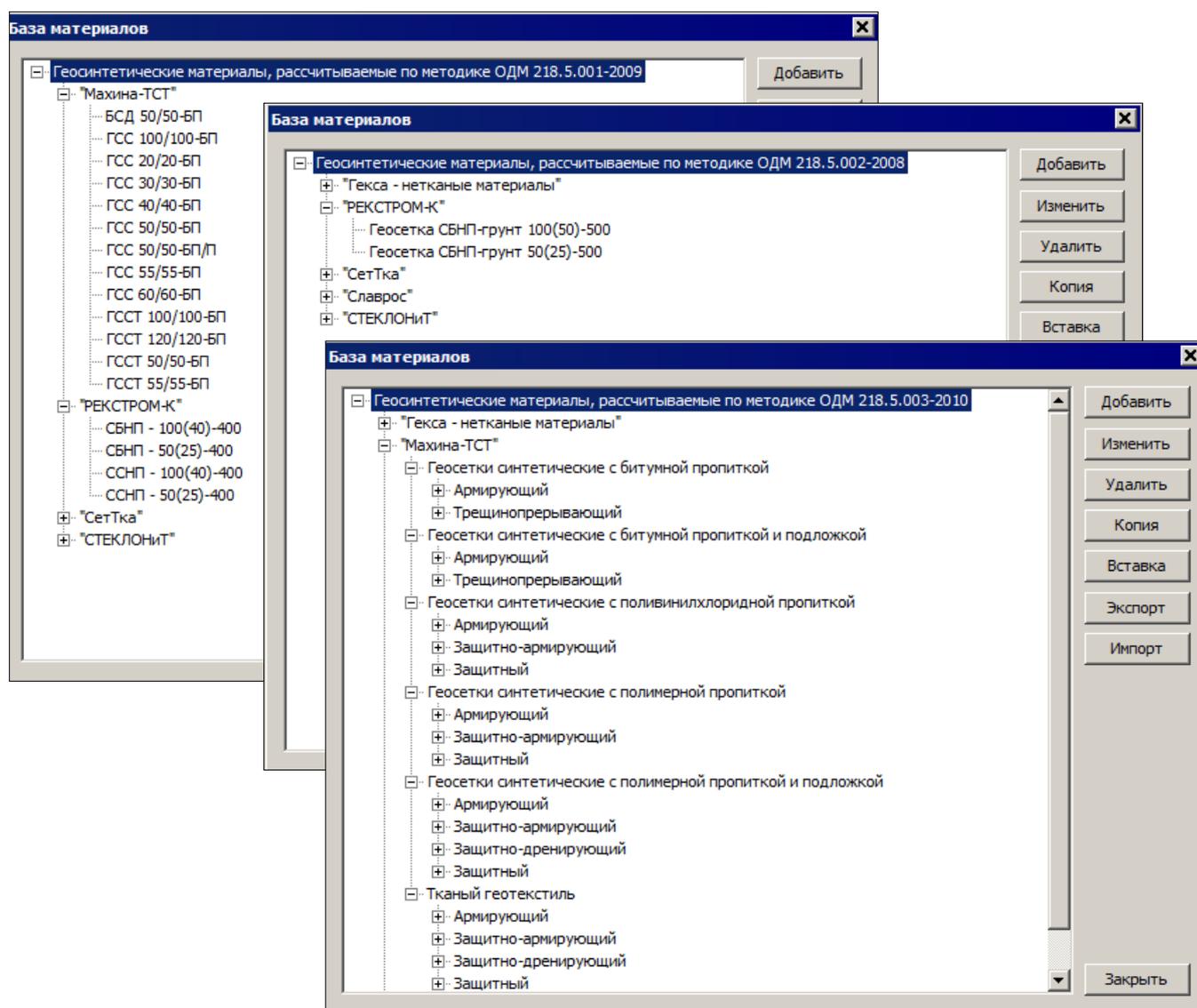


Рис. 7. Новые геосинтетические материалы в базах программы CREDO РАДОН RU

## Жесткие дорожные одежды

За последние 20 лет на автомобильных дорогах увеличилось количество большегрузных автомобилей, повысилась интенсивность движения, вследствие чего возросли требования к покрытию дорожной одежды с точки зрения надежности и долговечности. Асфальтобетонные покрытия далеко не всегда удовлетворяют этим требованиям, кроме того, их часто приходится ремонтировать. Один из вариантов решения этой проблемы - строительство цементобетонных покрытий.

Цементобетонные покрытия обладают следующими преимуществами по сравнению с другими видами покрытий:

- высокая прочность, что позволяет пропускать все транспортные средства в любое время года;
- длительный межремонтный срок;
- высокий коэффициент сцепления с колесами автомобилей, практически не изменяющийся при увлажнении покрытия;
- светлый цвет покрытия, повышающий безопасность движения ночью;
- продолжительность строительного сезона больше, чем при применении органических вяжущих;
- малый износ покрытия, не превышающий 0,1—0,2 мм в год.

Цементобетон применяют также для устройства оснований под асфальтобетонные покрытия на дорогах с интенсивным и тяжелым движением.

Учитывая возрастающую популярность жестких дорожных одежд в дорожном строительстве и пожелания пользователей, мы добавили в программу CREDO РАДОН RU полные протоколы с подробным ходом расчетов (рис. 8). Также появилась возможность расчета конструкций с цементобетонным основанием в I дорожно-климатической зоне.

### Расчет монолитного цементобетонного покрытия.

Определяют коэффициент усталости бетона при повторном нагружении  $K_u$ :

$$K_u = 1.08 * (\sum N_p)^{-0.063} = 1.08 * (2954719)^{-0.063} = 0.422$$

Определяют расчетное сопротивление бетона на растяжение при изгибе  $R_{pu}^{расч}$ :

$$R_{pu}^{расч} = V_{tb} * K_{н.п.} * K_u * K_F = 4.400 * 1.200 * 0.422 * 0.950 = 2.119 \text{ МПа}$$

Определяют коэффициент, учитывающий влияние места расположения нагрузки  $K_M = 1.50$

Определяют коэффициент, учитывающий условия работы  $K_{усл} = 0.66$

Определяют коэффициент, учитывающий влияние стыревых соединений на условия контактирования плит с основанием  $K_{шт} = 1.05$

Определяют коэфф

Определяют коэфф

Определяют коэфф

Определяют упругу

$$I_y = h * \sqrt[3]{\frac{E * (1 - \mu_o^2)}{6 * E_o^3}}$$

Радиус отпечатка

$$R = \sqrt{\frac{Q}{0.1 * \pi * \rho_{ш}}}$$

Определяют напря

$$\sigma_{рт} = \frac{Q * K_M * 60 * K_t}{h^2 * K_f} = \frac{65.0 * 1.50 * 60 * 0.202 * 0.84}{20^2 * 0.64} = 2.119 \text{ МПа}$$

$$K_{расч} = \frac{R_{pu}^{расч}}{\sigma_{рт}} = \frac{2.119}{2.119} = 1.0$$

Требуемый коэффи

### Расчет асфальтобетонного покрытия с цементобетонным основанием.

Эквивалентную толщину слоя  $H_3$  определяют:

$$H_3 = h + h_a * \sqrt[3]{\frac{E_a}{E}} = 18 + 14 * \sqrt[3]{\frac{2857.143}{22500}} = 25.04 \text{ см}$$

$$\text{где } E_a = \frac{\sum E_a h_a}{\sum h_a} = \frac{4500 * 4 + 2200 * 10}{4 + 10} = 2857.143 \text{ МПа}$$

Радиус отпечатка колеса  $R$  определяют:

$$R = \sqrt{\frac{Q}{0.1 * \pi * \rho_{ш}}} = \sqrt{\frac{71.5}{0.1 * \pi * 0.6}} = 19.48 \text{ см}$$

Определяют упругую характеристику плиты  $I_y$ :

$$I_y = h * \sqrt[3]{\frac{E * (1 - \mu_o^2)}{6 * E_o^3 * (1 - \mu^2)}} = 25.04 * \sqrt[3]{\frac{22500 * (1 - 0.270^2)}{6 * 125.089 * (1 - 0.200^2)}} = 76.88 \text{ см}$$

Определяют напряжения растяжения при изгибе  $\sigma_p$ , возникающие в бетонном покрытии:

$$\sigma_p = \frac{Q * K_M * 60 * K_{усл} * K_{шт}}{h^2 * K_f} * (0.0592 - 0.2137 * \lg \frac{R}{I_y}) = \frac{71.5 * 1.50 * 60 * 0.66 * 1.05}{25.04^2 * 1.00} * (0.0592 - 0.2137 * \lg \frac{19.48}{76.88}) = 1.328 \text{ МПа}$$

Определяют значение  $\Delta t_6$ :

$$\Delta t_6 = A_n * e^{(-h_a * \sqrt{\frac{\omega}{2 * a t_a}})} * (1 - e^{(-h * \sqrt{\frac{\omega}{2 * a t_6}})}) = 15.00 * e^{(-0.14 * \sqrt{\frac{0.26}{2 * 0.002}})} * (1 - e^{(-0.18 * \sqrt{\frac{0.26}{2 * 0.004}})}) = 3.113 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Рис. 8. Фрагмент протоколов жестких дорожных одежд