

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЯХ

*Арсеньев Виктор Сергеевич, студент 2-го курса  
кафедры «Математические методы в строительстве»,*

*Тимонович Юлия Юрьевна, студентка 2-го курса  
кафедры «Математические методы в строительстве»,*

*Данчиков Александр Владимирович, студент 2-го курса кафедры  
«Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Вербицкая О.Л., канд. техн. наук, доцент)*

Институтом «БелдорНИИ» в 2004 г. разработан и изготовлен опытный образец прибора (рис. 1) для оценки прочностных и деформационных характеристик асфальтобетона ненарушенной структуры и проведены исследования по оценке возможности прибора фиксировать изменения механических показателей асфальтобетонных образцов. Наружное кольцо с коническим скосом (1) скользят по внутреннему кольцу (2) за счет давления крышки (3), вызывая вертикальные перемещения его поверхности. Тем самым, оказывается радиальное давление на цилиндрический образец (4), упирающийся в упорную кайму (5).

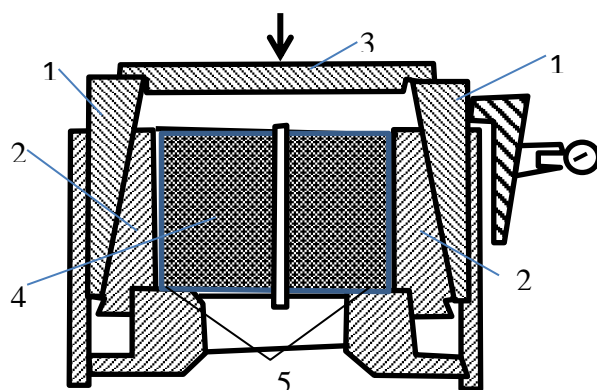


Рисунок 1 – Схема установки для испытания образца на радиальное сжатие цилиндрического образца

1. - внешнее кольцо; 2. - внутреннее кольцо; 3. - крышка; 4. – образец; 5. - упорное кольцо

Для теоретических исследований сотрудниками кафедры «Сопротивления материалов и теория упругости» разработана компьютерная программа *CRAB*, к сожалению, не дающая возможность полного анализа не только н.д.с. образца,

но самого процесса разрушения асфальтобетона. В связи с этим, позже на кафедре «Математические методы в строительстве» программа, в последствие названная *Python*, доработана и адаптирована. Расчет образца выполнен методом конечных элементов.

Программа *Python* предназначена не только для определения напряженно-деформированного состояния цилиндрического асфальтобетонного образца дорожного покрытия при различных теориях прочности, но и для получения последовательности самого процесса разрушения (легенды). В адаптированной программе предусмотрено использование двенадцати теорий прочности, что позволяет подобрать наиболее приемлемую теорию для асфальтобетона, хорошо согласующуюся с результатами испытания. Программа составлена на алгоритмическом языке *Pascal* в среде *Delphi*. Программа использует библиотеку системы *Windows-7* и компилятора *Delphi*.

Рассмотрим пример расчета цилиндрического образца асфальтобетона на всестороннее сжатие по программе *Python*. Для этого примем следующие исходные данные, приведенные на рисунке 2:

- диаметр, толщина и ширина каймы образца равны 48 мм, 24 мм, 6 мм;
- модуль упругости и коэффициент Пуассона 22 МПа и 0,25;
- количество узлов в радиальном направлении, по толщине образца и ширина упорной каймы соответственно равно 9, 9 и 3;
- коэффициент снижения модуля упругости в окрестности трещины 5,0;
- предельное значение эквивалентного напряжения 0,8 МПа;
- количество приближений нагружения образца 35;
- максимальная деформация обжатия 2 мм.

ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	
Диаметр образца, мм	48.0000
Толщина образца, мм	24.0000
Ширина упорной каймы, мм	6.0000
Модуль упругости, МПа	22.0
Коэффициент Пуассона	0.25
Коэффициент трения	0.20
Деформация обжатия, мм	-2.00
Кол-во узлов в радиальном направлении	9
Шаг узлов в радиальном направлении, мм	3.00
Кол-во узлов в поперечном направлении	9
Шаг узлов в поперечном направлении, мм	3.00
Кол-во узлов по ширине каймы	3
Коэффициент снижения модуля в трещине	5
Количество шагов приближений	35
Теория прочности ..	Кулона
Отношение пределов прочности Sgu+/Sgu...	0.80
Отношение пределов прочности Sgu-/TauO..	1.80
Отношение пределов прочности Sgu+/TauO..	0.50
Обратная вел. предела прочн. на сжатие 1/МПа	0.270
Предел. знач. эквивален. напряжения, МПа...	0.8
Сцепление материала С, МПа	6.0
Угол внутреннего трения $\beta$ , град.	9.0

Рисунок 2 – таблица исходных данных программы Python

Результаты расчета приведены на рисунке 3 и содержат схему и форму разрушения образца, а также диаграмму его деформирования.

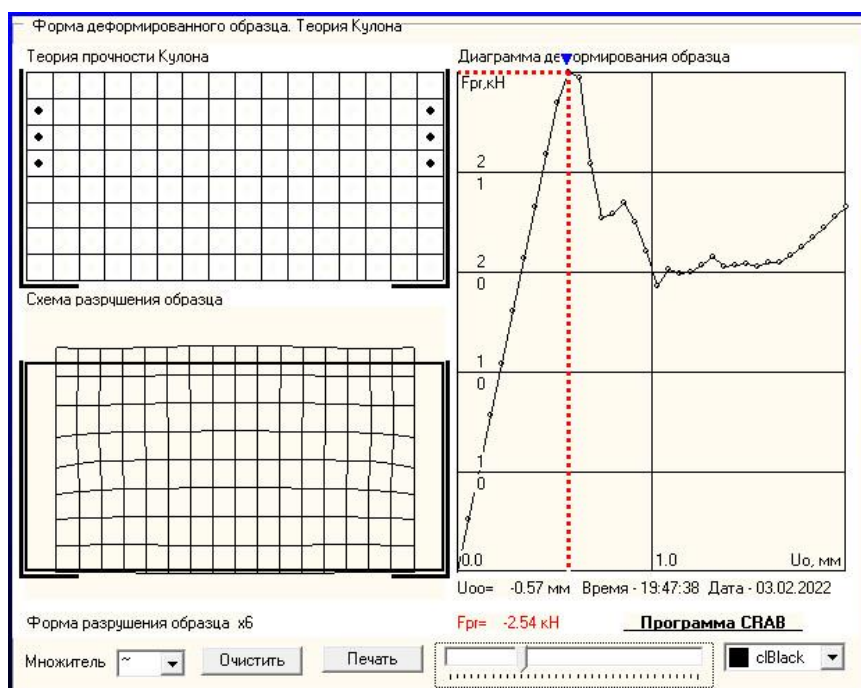


Рисунок 3 – Схема и форма разрушения образца, диаграмма его испытания

В начале диаграмма деформирования имеет прямолинейный характер, что указывает на то, что материал деформируется по закону Гука и никаких разрушений в нем не происходит. Затем на диаграмме наблюдается снижение сжимающей радиальной силы. Следовательно, жесткость образца уменьшается, за счет образования предельных состояний в отдельных его местах. Это подтверждается на схеме разрушения (рис. 3). Места образования предельных состояний (трещин) располагаются вблизи верхней части поверхности образца, которые отмечены точками. При этом сжимающая сила достигает 2,54 кН, а кинематическое воздействие составляет 0,57 мм. Дальнейшее увеличение кинематического воздействия приводит к распространению области предельных состояний вглубь и по высоте образца. Деформация образца приводит к смещению верхнего торца образца вверх, а нижнего вниз. На результаты испытания образца оказывают влияние ширина упорной каймы установки и коэффициент трения между поверхностями образца и внутренней поверхности обжимающего кольца. Установлено, что изменение ширины упорной каймы от нуля до 0,78% приводит к снижению обжимающей силы на 17%. Коэффициент трения также оказывает заметное влияние на величину обжимающей силы. При изменении коэффициента трения от нуля до 0,5 сжимающая сила уменьшается на 8%.