

УДК 678.4.029.5:669;625.745.11/12

Хорольский М.С., Скоков А.И.

ГП "Украинский научно-исследовательский конструкторско-технологический институт эластомерных материалов и изделий". Украина, Днепропетровск

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗИНОАРМИРОВАННЫХ ОПОРНЫХ ЧАСТЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ*Анотація*

Приведені результати досліджень, що дозволили створити еластомерні матеріали, технології, методи випробувань і прогнозування термінів експлуатації, а також представлені результати випробувань гумоармованих опорних частин підвищеної довговічності для мостових споруд.

Abstract

The results of researches, allowing to create elastomeric materials, technologies, methods of tests and prognostication of terms of exploitation, are resulted, and also the results of tests of the rubber reinforced basic parts of the raised durability are presented for bridge buildings.

Для компенсации статических и динамических нагрузок, которые возникают в опорных узлах моста в процессе его эксплуатации, предусмотрено одностороннее или многостороннее подвижное соединение пролетных элементов. Подвижность соединения обеспечивается установкой пролетов моста на резиноармированные опорные части (РАОЧ).

Горизонтальные перемещения и поворот опорных узлов пролетного строения, которое установлено на РАОЧ, осуществляется за счет эластических свойств резины и особенностей конструкции опорных частей.

В соответствии с ранее разработанными ГП "УНИКТИ "ДИНТЭМ" ТУ У 600152135.043-97 "Опорные части резиновые армированные" гарантийный срок работоспособности РАОЧ установлен 13 лет с момента их изготовления, что не удовлетворяет современным требованиям. В связи с тем, что срок эксплуатации мостов между капитальными ремонтами составляет 25 лет, а замена опорных частей в межремонтный период связана со значительными техническими трудностями и затратами, были проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке РАОЧ со сроком эксплуатации не менее 25 лет (рис. 1).

В течение 2004–2005 гг. в институте разработаны и исследованы новые резины: 1-1208.020 для изготовления РАОЧ, эксплуатирующихся в условиях умеренного климата, и 1-1302.008 для

**Рис. 1.** Резиноармированная опорная часть

изготовления промежуточных слоев РАОЧ, которые эксплуатируются в условиях Севера.

Новая резина марки 1-1208.020 превосходит известную резину НО-68-1 по показателю условной прочности при растяжении более чем в два раза, относительное удлинение при разрыве более чем в 1,6 раза и более чем в тридцать раз по озоностойкости. Резина 1-1302.008 имеет почти в 1,5 раза большую условную прочность при растяжении по сравнению с известной резиной ИРП-1347-1.

Следует отметить, что при разработке новых резин решена задача, связанная с изменениями на сырьевом рынке, а именно, с переходом на производство каучуков серии БНКС. Известно, что использование каучуков БНКС требует корректировки рецептуры существующих резин. Такая корректировка рецептуры резины НО-68-1 была выполнена: фактически была разработана новая резина 1-1320.004, пласто-эластические и физико-механические характеристики которой совпадают с характеристиками у резины НО-68-1. В дальнейших исследованиях эта резина использовалась как контрольная (сравнительная).

Положительные результаты проведенных исследований адгезивов нового поколения дали возможность достичь значительного (приблизительно в 1,5 раза) повышения прочности крепления резины к металлической арматуре. Фактические значения прочности крепления находятся в пределах 7,0–9,5 МПа.





Кроме свойств материалов, на качество РАОЧ в значительной мере влияют способ их изготовления, конструкция технологической оснастки и технологические факторы. В резинотехнической промышленности опорные части изготавливаются обычным компрессионным способом в пресс-форме. Указанный способ имеет ряд существенных недостатков: в процессе формования происходит непредсказуемое смещение слоев резины и листов арматуры, как в горизонтальной так и в вертикальной плоскостях, что обуславливает значительный разброс конструктивных параметров опорных частей, а это, в свою очередь, негативно влияет на эксплуатационные характеристики РАОЧ.

Разработка нового комбинированного способа изготовления опорных частей и соответствующей технологической оснастки позволили достичь высокой точности размеров толщин промежуточных резиновых слоёв, повысить уровень прочности крепления резины к арматуре, достичь практически бездефектного производства.

С использованием новых материалов, усовершенствованной технологической оснастки была разработана технология изготовления опорных частей, выпущена опытная партия РАОЧ с размерами по ТУ У 600152135.043-97: 20,0×30,0×3,2-0,8; 20,0×30,0×5,2-0,8; 20,0×40,0×5,2-0,8; 30,0×40,0×7,8-1,0; 30,0×40,0×9,2-0,8; 40,0×40,0×7,8-1,0.

Оценка эксплуатационных характеристик РАОЧ проводилась на модельных и натуральных образцах в соответствии с разработанной в институте методикой. На основании полученных деформацион-

ных характеристик "нагрузка – деформация" модельных образцов РАОЧ был рассчитан статический модуль сдвига (табл. 1).

Приведенные в табл. 1 данные свидетельствуют о том, что испытанные резины по показателю "статический модуль сдвига" пригодны для изготовления РАОЧ. Тангенс угла сдвига и величина максимальной нагрузки в момент разрушения образцов РАОЧ приведены в табл. 2, а на рис. 2 приведены деформационные характеристики этих образцов, полученные при их нагружении до разрушения.

Результаты указанных испытаний свидетельствуют о том, что: величина максимальной нагрузки при разрушении образцов из резин 1-1208.020 и 1-1302.008 на 15–20% превышает аналогичные показатели для резины 1-1320.004; тангенс угла сдвига в момент разрушения образца для всех испытанных резин находится в пределах требований нормативной документации; граничное значение прочности при разрушении (разрушение когезионное) образцов в 2,5–3 раза превышает нормативные, что свидетельствует об эффективности использования адгезивов нового поколения и новой технологии изготовления опорных частей.

На следующем этапе работ исследовались изменения деформационных характеристик РАОЧ в процессе ускоренного термического старения с целью определения прогнозируемого срока их эксплуатации.

Прогнозирование срока работоспособности резинотехнических изделий связано с определе-

Таблица 1

Статический модуль сдвига модельных образцов РАОЧ

Наименование показателя	Марка резины					
	1-1208.020		1-1320.004		1-1302.008	
	Норма по ТУ	Фактически	Норма по ТУ	Фактически	Норма по ТУ	Фактически
Статический модуль сдвига, МПа	0,56÷1,12	0,8÷1,02	0,56÷1,12	0,71÷0,94	0,52÷0,78	0,62÷0,66

Таблица 2

Тангенс угла сдвига и величина максимальной нагрузки в момент разрушения модельных образцов РАОЧ

Наименование показателей		Марка резины		
		1-1208.020	1-1320.004	1-1302.008
Величина деформации при максимальной нагрузке в момент разрушения образцов, мм		22	25	36
Величина максимальной нагрузки в момент разрушения образцов, кН		70,4	61	72
Тангенс угла сдвига в момент разрушения образцов	Норма по ТУ, н/м	2,6	2,6	4,5
	Фактически	3,4	2,9	4,5
Граница прочности в момент разрушения образцов, МПа	Норма по ТУ, н/м	3,0	3,0	3,0
	Фактически	10,0	8,7	11

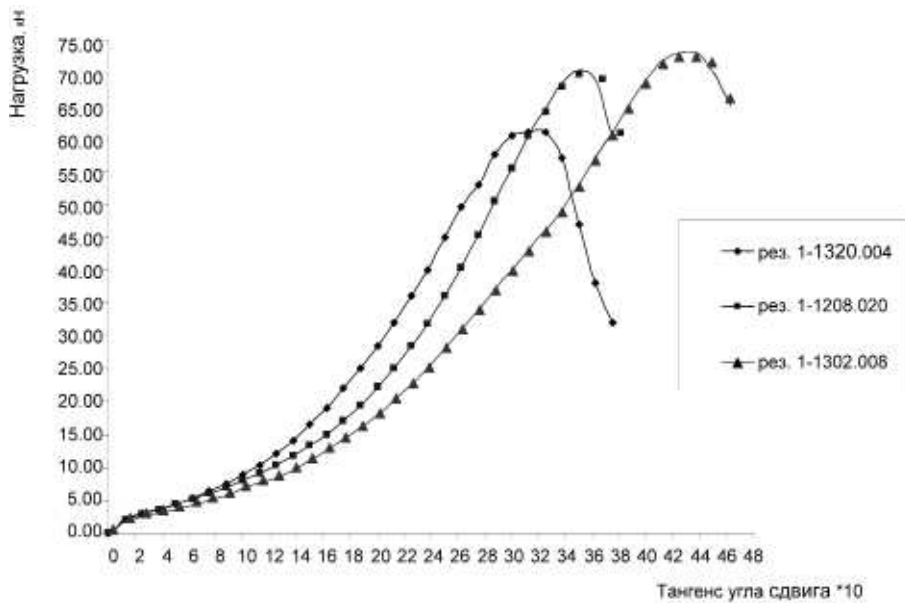


Рис. 2. Деформационные характеристики модельных образцов РАОЧ при действии нагрузки сдвига до разрушения образца

нием показателей, которые отражают уровень работоспособности изделия и позволяют в режиме ускоренных исследований достичь пороговых значений, чтобы потом путем пересчета на нормальные условия эксплуатации получить граничный срок эксплуатационной стойкости изделия. Кроме того, выбранные показатели должны однозначно отражать изменение свойств резины и при этом изменяются монотонно под действием внешних факторов в процессе исследований. По результатам анализа научно-технической литературы, отечественных и зарубежных методов испытаний опорных частей был сделан вывод о том, что основным показателем, который отражает уровень работоспособности РАОЧ и потому может быть определяющим в процессе указанных испытаний, является статический модуль сдвига.

В качестве объектов исследований были использованы модельные образцы РАОЧ. Суть исследований заключалась в определении уровня изменения деформационных характеристик, касательного напряжения и статического модуля сдвига модельных образцов РАОЧ в зависимости от температуры и длительности термического старения.

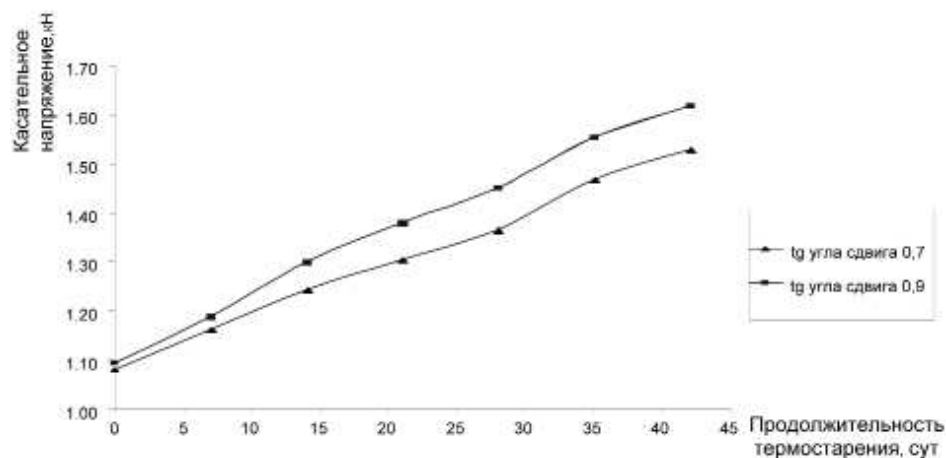


Рис. 3. Зависимость касательного напряжения от продолжительности термостарения (резина 1-1208.020, температура термостарения 90°C)

Принимая во внимание сложные условия эксплуатации опорных частей под действием внецентренных нагрузок, представляло интерес оценить их работоспособность по изменению касательного напряжения в образцах в зависимости от продолжительности термостарения. Такие зависимости при тангенсе угла сдвига 0,7 и 0,9 представлены на рис. 3–5.

Из приведенных кривых вытекает, что увеличение продолжительности термостарения обуславливает увеличение касательного напряжения в образцах из всех исследуемых резины.

При этом подтверждено преимущество резины 1-1208.020 перед другими. Кривая зависимости касательного напряжения от длительности термостарения образцов из резины 1-1208.020 имеет более пологий характер по сравнению с кривыми этих зависимостей для образцов из других резины. Это свидетельствует о том, что скорость потери резиной 1-1208.020 эластических свойств значительно меньше, чем резины 1-1302.008 и 1-1320.004.

Полученные выше деформационные характеристики были использованы для расчета статического модуля сдвига и построения графиков зависимости "модуль сдвига – продолжительность термостарения", которые приведены на рис. 6–8.

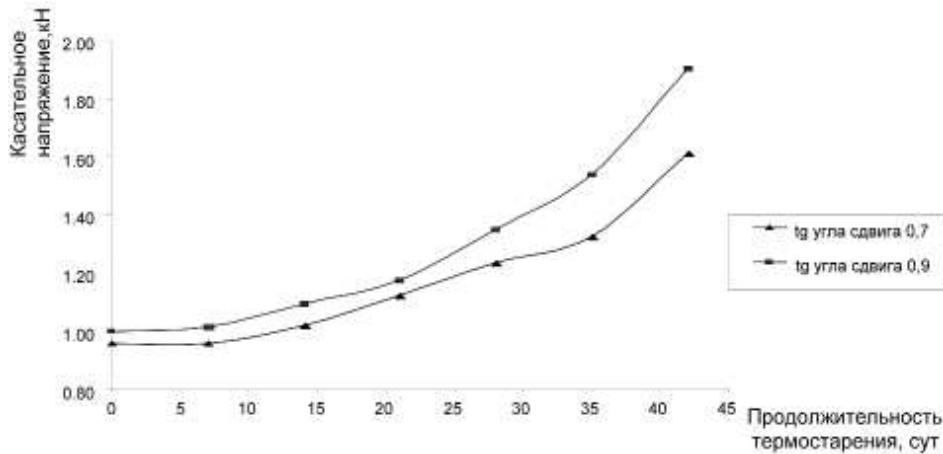


Рис. 4. Зависимость касательного напряжения от продолжительности термостарения (резина 1-1320.004, температура термостарения 90°C)

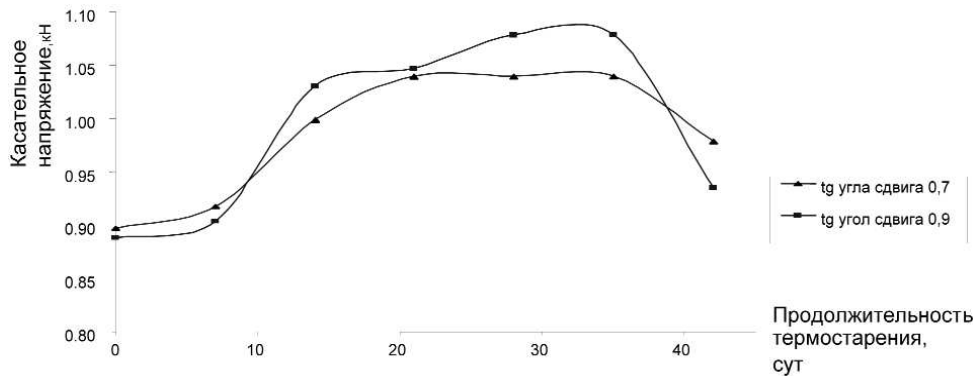


Рис. 5. Зависимость касательного напряжения от продолжительности термостарения (резина 1-1302.008, температура термостарения 90°C)

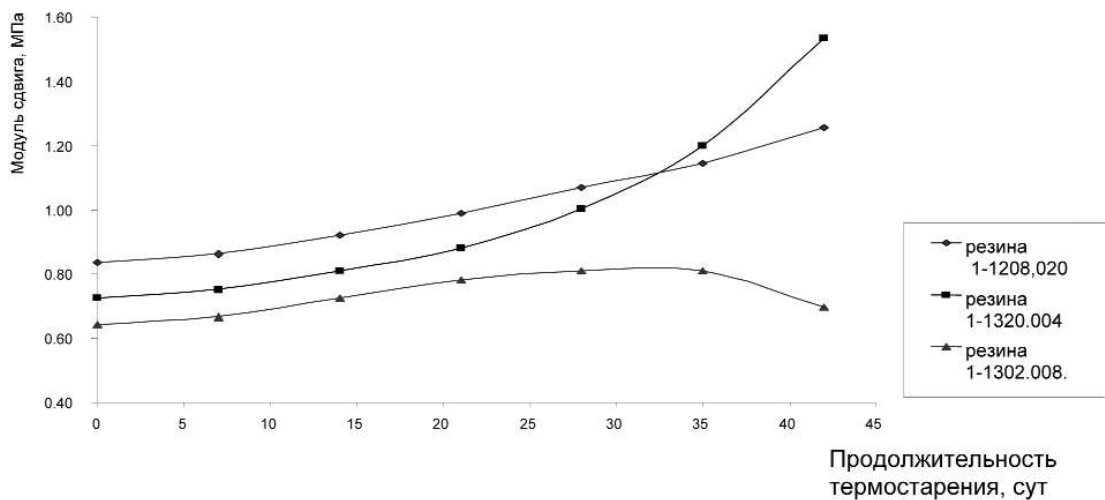


Рис. 6. Зависимость статического модуля сдвига от продолжительности термостарения для образцов из резин 1-1208.020, 1-1320.004 и 1-1302.008 (температура термостарения 90°C)

Указанные зависимости позволяют сделать вывод о том, что повышение температуры и продолжительности термостарения приводят к росту модуля сдвига образцов из всех резин, которые исследовались. При этом скорость увеличения модуля сдвига образцов из резин 1-1320.004 и 1-1302.008 значительно больше, чем у образцов из резины 1-1208.020. Рост модуля сдвига образцов из резины 1-1208.020 происходит медленно, после 40 суток термостарения снижения величины модуля сдвига не наблюдалось, в отличие от образцов из резин 1-1320.004 и 1-1302.008. Последнее наглядно объясняется снижением эффективной площади образцов из-за растрескивания резины по периметру образцов по причине полной утраты этими резинами эластичности в процессе термостарения. Это

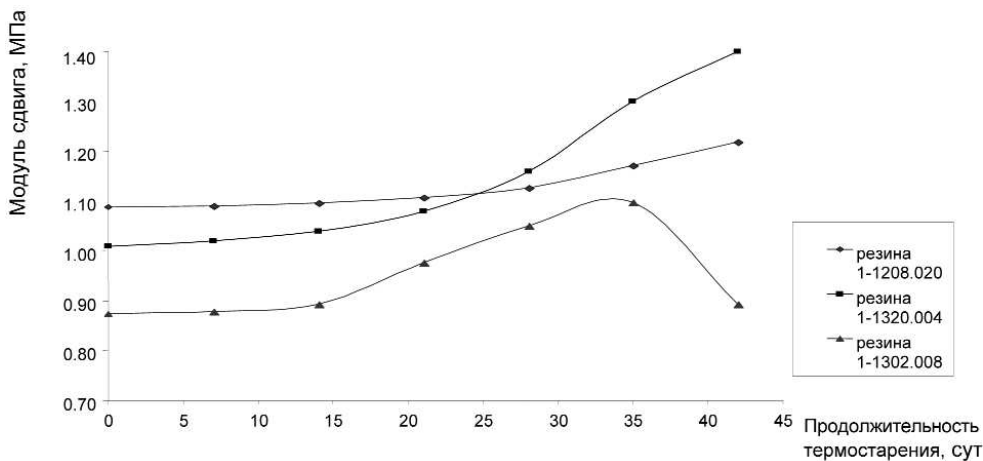


Рис. 7. Зависимость статического модуля сдвига от продолжительности термостарения для образцов из резины 1-1208.020, 1-1320.004 (температура термостарения 110°C) и 1-1302.008 (температура термостарения 100°C)

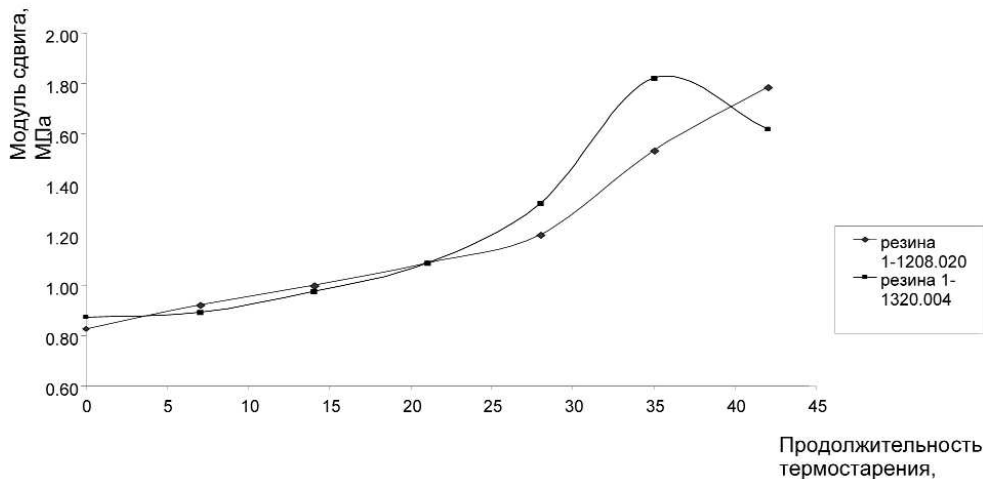


Рис. 8. Зависимость статического модуля сдвига от продолжительности термостарения для образцов из резины 1-1208.020 и 1-1320.004 (температура термостарения 125°C)

явление есть целиком логичным подтверждением того факта, что, во-первых, резина 1-1302.008 неатмосферостойкая и РАОЧ из нее требуют защитной оболочки из озоностойкой резины, например 1-1208.020 или 1-1320.004 (рис. 6–7), во-вторых, скорость старения резины 1-1208.020 после 25-ти суток термостарения значительно меньшая, чем у резины 1-1320.004 (рис. 6–8). В целом, рассматривая уровень влияния ускоренного термостарения на изменение модуля сдвига и принимая во внимание масштабный фактор (сравнивая величины модельного образца и опорной части по габаритам и массе), можно утверждать, что изменение эластических свойств резины 1-1208.020 по боковой поверхности РАОЧ в процессе их эксплуатации является незначительным и в течение длительного времени не будет оказывать определяющего влияния на

эксплуатационные характеристики РАОЧ, а это, в свою очередь, обеспечивает значительно более длительный срок эксплуатации РАОЧ. Таким образом, полученные результаты исследований подтверждают вывод о том, что срок работоспособности РАОЧ из резины 1-1208.020 значительно превышает срок работоспособности РАОЧ из резины 1-1320.004

Последнее положение подтверждается и расчетами, которые выполнены по методике оценки количественного критерия оценки срока работоспособности резинотехнических изделий с использованием полученных зависимостей "модуль сдвига – продолжительность термостарения". Расчетами установлено, что для РАОЧ, изготовленных из резины 1-1208.020, прогнозируемый срок работоспособности при эксплуатации в условиях умеренного климата составляет 30 и более лет.

С учетом полученных результатов изготовлена опытная партия РАОЧ, проведены их исследования с целью определения деформационных характеристик и качества по состоянию боковой поверхности в процессе приложения допустимой вертикальной статической нагрузки.

Деформационные характеристики РАОЧ 2-х типоразмеров приведены на рис. 9, 10. Как видно из приведенных деформационных характеристик при приложении одинаковых нагрузок РАОЧ, изготовленные из резины 1-1208.020, в зоне максимальных нагрузок имеют на 10–15% меньшую деформацию по сравнению с РАОЧ из резины 1-1320.004. Учитывая то, что резина 1-1208.020 имеет значительно более высокие условную прочность при растяжении и

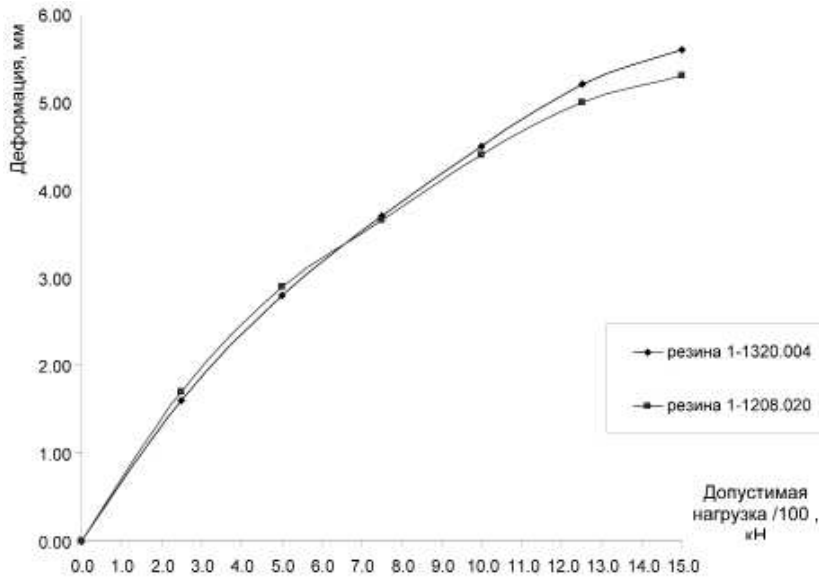


Рис. 9. Деформационные характеристики РАОЧ 20*30*5.2 при нагружении сжимающей вертикальной нагрузкой

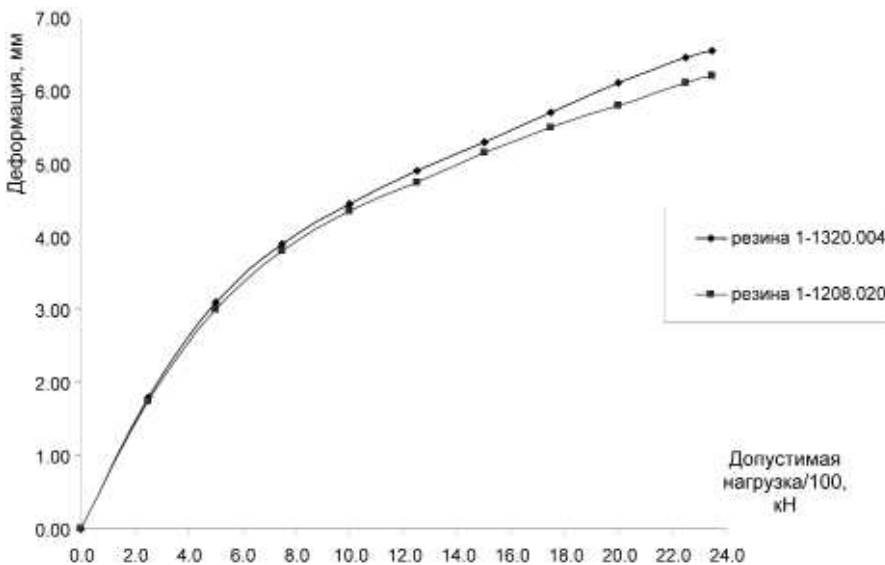


Рис. 10. Деформационные характеристики РАОЧ 40*40*7.8 при нагружении сжимающей вертикальной нагрузкой

относительное удлинение при разрыве по сравнению с резиной 1-1320.004, можно утверждать, что РАОЧ из резины 1-1208.020 могут выдерживать при эксплуатации значительно большие нагрузки, как статические так и динамические, а также будут иметь больший прогнозируемый срок работоспособности. При приложении к РАОЧ максимальной статической нагрузки на их боковых поверхностях трещин, пузырей и следов разрушения не выявлено.

Таким образом, разработанные в ГП "УНИКТИ "ДИНТЭМ" РАОЧ со сроком эксплуатации 30 и более лет могут успешно использоваться в мостостроении.

Литература

1. Хорольский М.С., Скоков А.И., Дяченко А.Г., Волощикова В.В. Резиноармированные опорные части мостовых сооружений // Сборник тезисов 5-й Украинской международной конференции "Эластомерные материалы, технологии, оборудование, изделия", УГХТУ. г. Днепропетровск. 2004. — С. 25—26.
2. Скоков О.И., Дяченко О.Г., Санжура С.В., Волощикова В.В., Хорольский М.С. Гумоармовані опорні частини мостових споруд // Хімічна промисловість України, 2006. — № 3. — С. 73—75.