

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗИНОАРМИРОВАННЫХ ОПОРНЫХ ЧАСТЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

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

Приведены результаты исследований, позволившие создать эластомерные материалы, технологии, методы испытаний и прогнозирования сроков эксплуатации, а также представлены результаты испытаний резиноармированных опорных частей повышенной долговечности для мостовых сооружений.

The research results, which have allowed creating the elastomer materials, technologies, methods of testing and forecasting the operation periods, are given, as well as the results of tests of rubber-reinforced pier parts of increased durability for bridge structures are presented.

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 6 00152135.043-97 «Опорные части резиновые армированные» гарантийный срок работоспособности РАОЧ установлен равным 13 годам 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.

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 изготовления промежуточных слоев РАОЧ, которые эксплуатируются в условиях Севера [1].

Новая резина марки 1-1208.020 превосходит известную резину НО-68-1 по показателю условной прочности при растяжении более чем в два раза, условному растяжению 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, пластико-эластические и физико-механические характеристики которой совпадают с этими 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 [2]. 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 армату-

ре, 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 деформационных характеристик «нагрузка – деформация» модельных образцов РАОЧ был рассчитан статический модуль сдвига (табл.1).

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

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. 1 приведены деформационные характеристики этих образцов, полученные при их нагружении до разрушения.

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

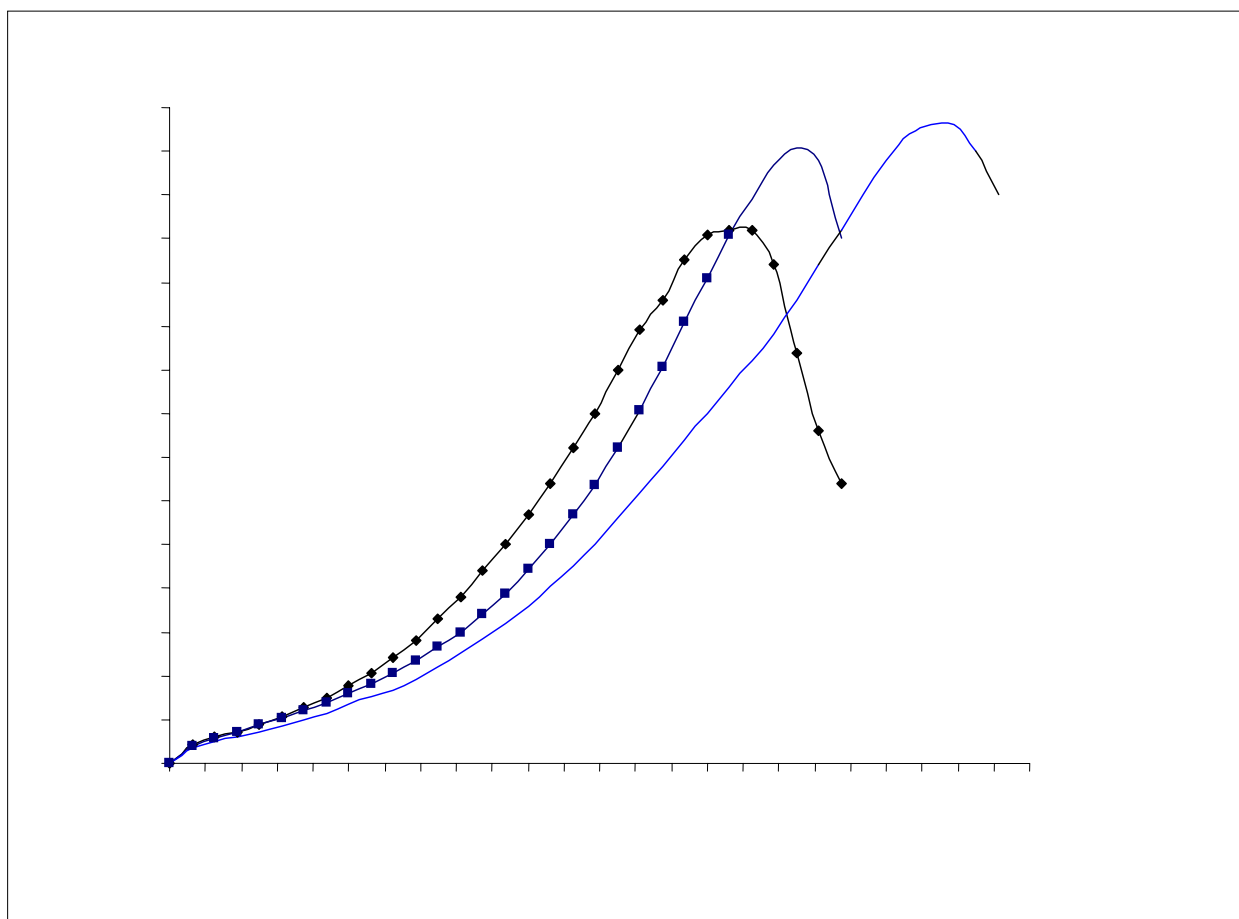


Рис. 1. Деформационные характеристики модельных образцов РАОЧ при действии нагрузки сдвига до разрушения образца

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 определением 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.

Принимая во внимание сложные условия эксплуатации опорных частей под действием внецентровых 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. 2...4.

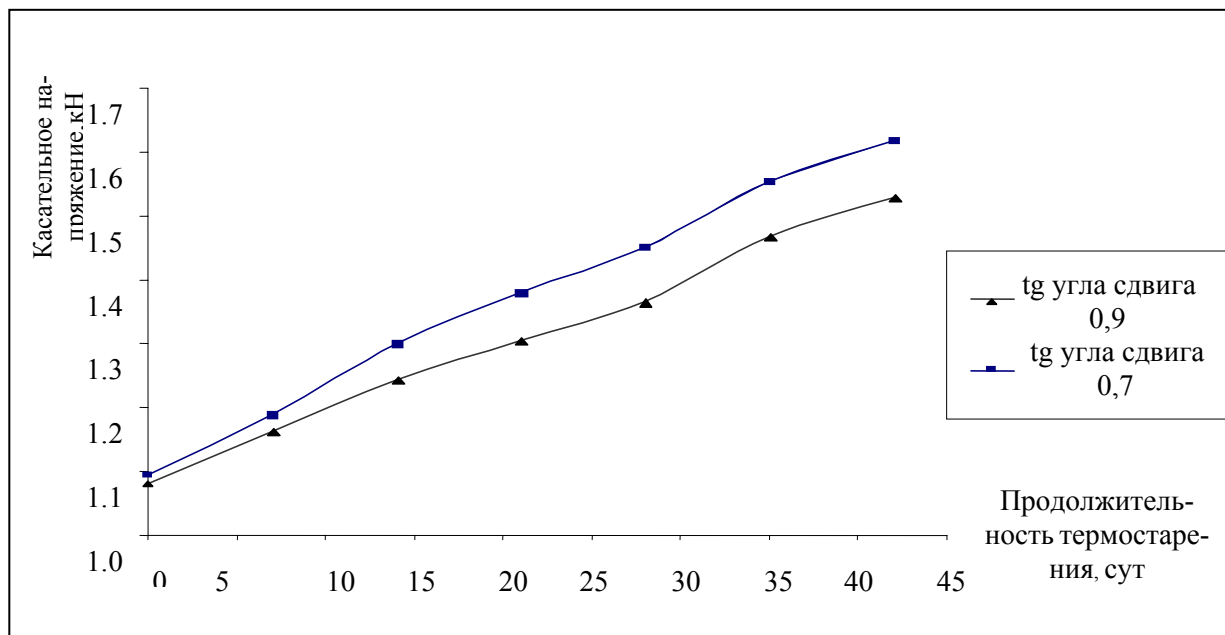


Рис. 2. Зависимость касательного напряжения от продолжительности термостарения (резина 1-1208.020, температура термостарения 90 °С)

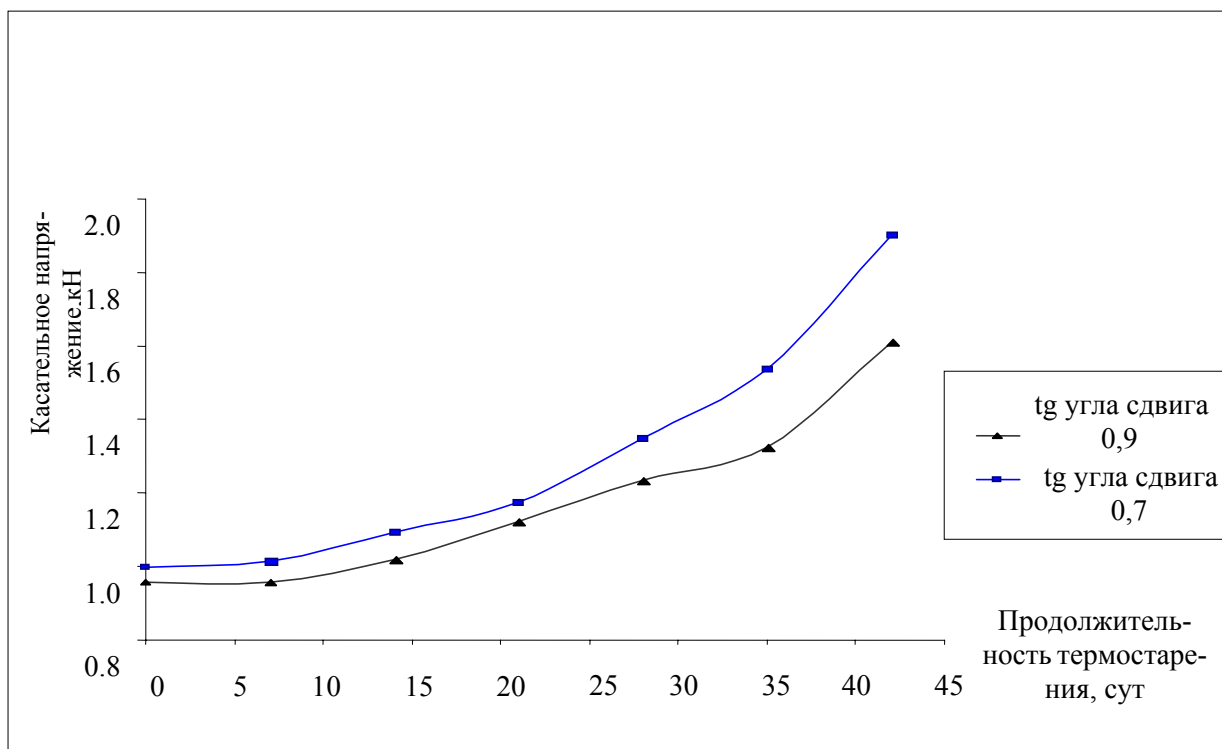


Рис. 3. Зависимость касательного напряжения от продолжительности термостарения (резина 1-1320.004, температура термостарения 90 °С)

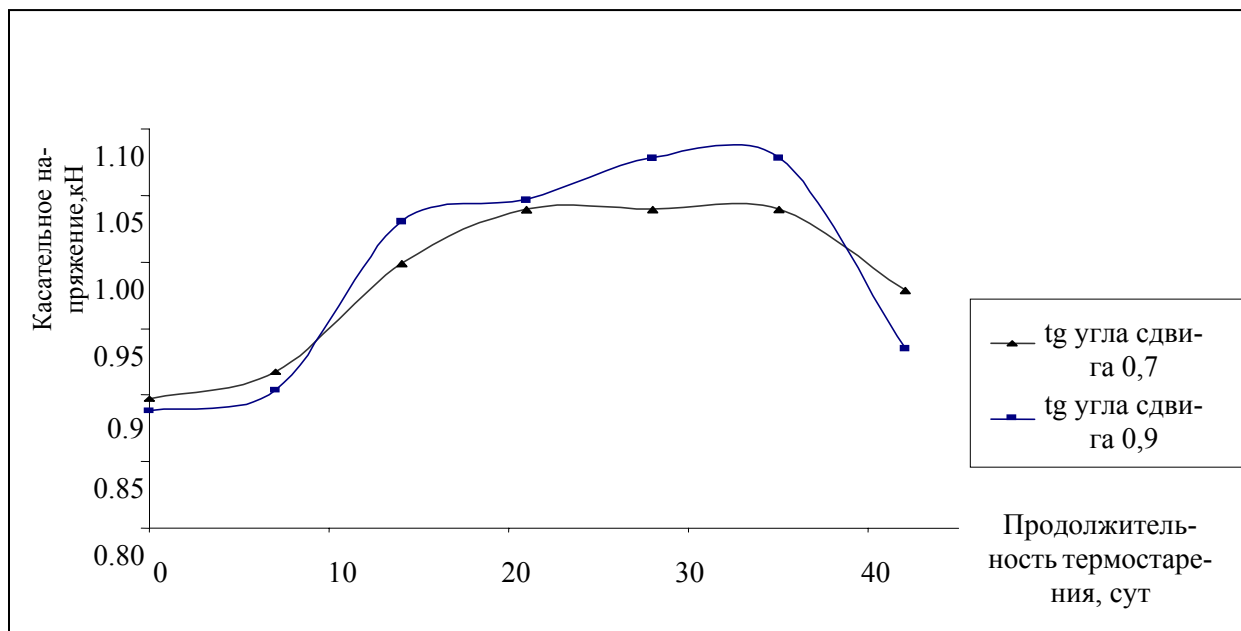


Рис. 4. Зависимость касательного напряжения от продолжительности термостарения (резина 1-1302.008, температура термостарения 90 °С)

Из приведенных кривых вытекает, что увеличение продолжительности термостарения обуславливает увеличение касательного напряжения в образцах из всех исследованных резин. 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 резин. Это свидетельствует о том, что скорость потери резиной 1-1208.020 эластических свойств значительно меньше, чем резинами 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. 5...7.

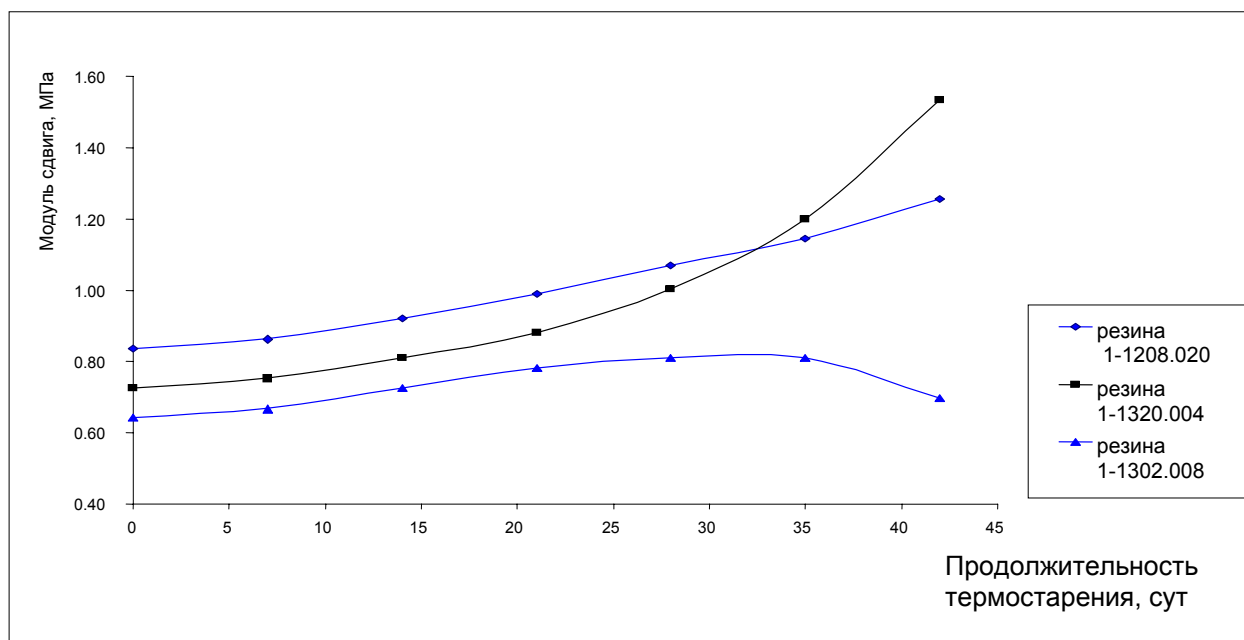


Рис. 5. Зависимость статического модуля сдвига от продолжительности термостарения для образцов из резин 1-1208.020, 1-1320.004 и 1-1302.008 (температура термостарения 90 °С)

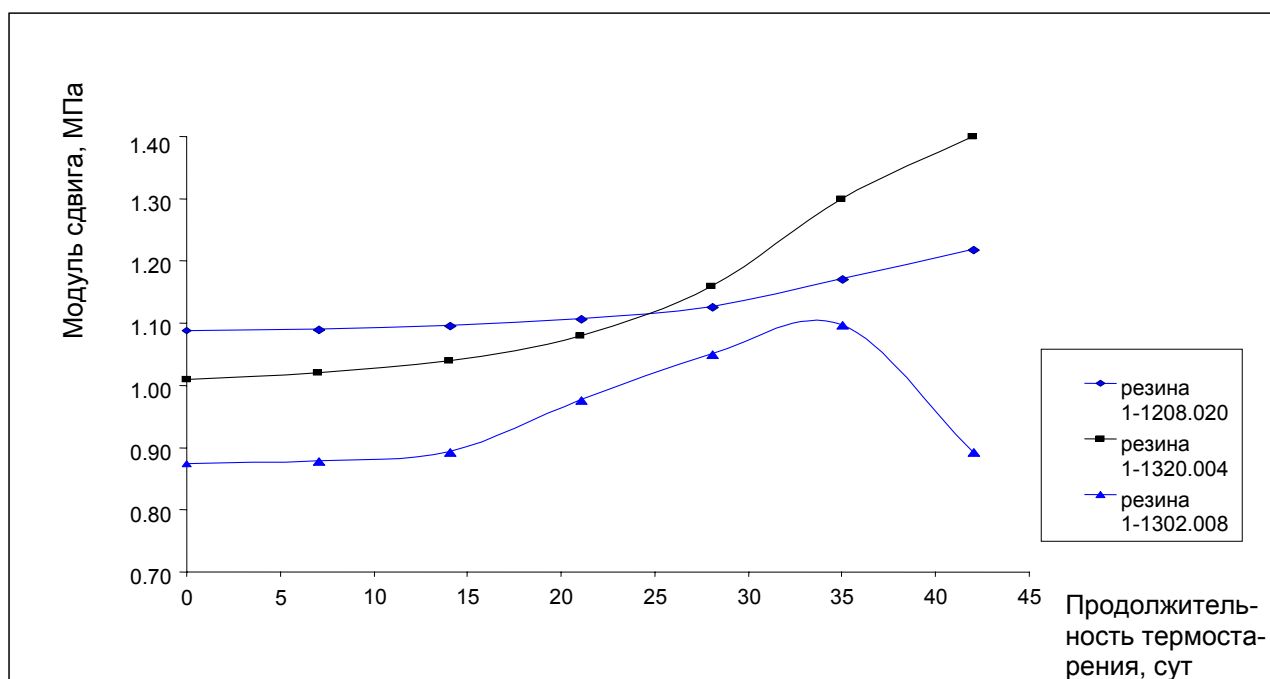


Рис. 6. Зависимость статического модуля сдвига от продолжительности термостарения для образцов из резин 1-1208.020, 1-1302.008 (температура термостарения 110 °С) и 1-1320.004 (температура термостарения 100 °С)

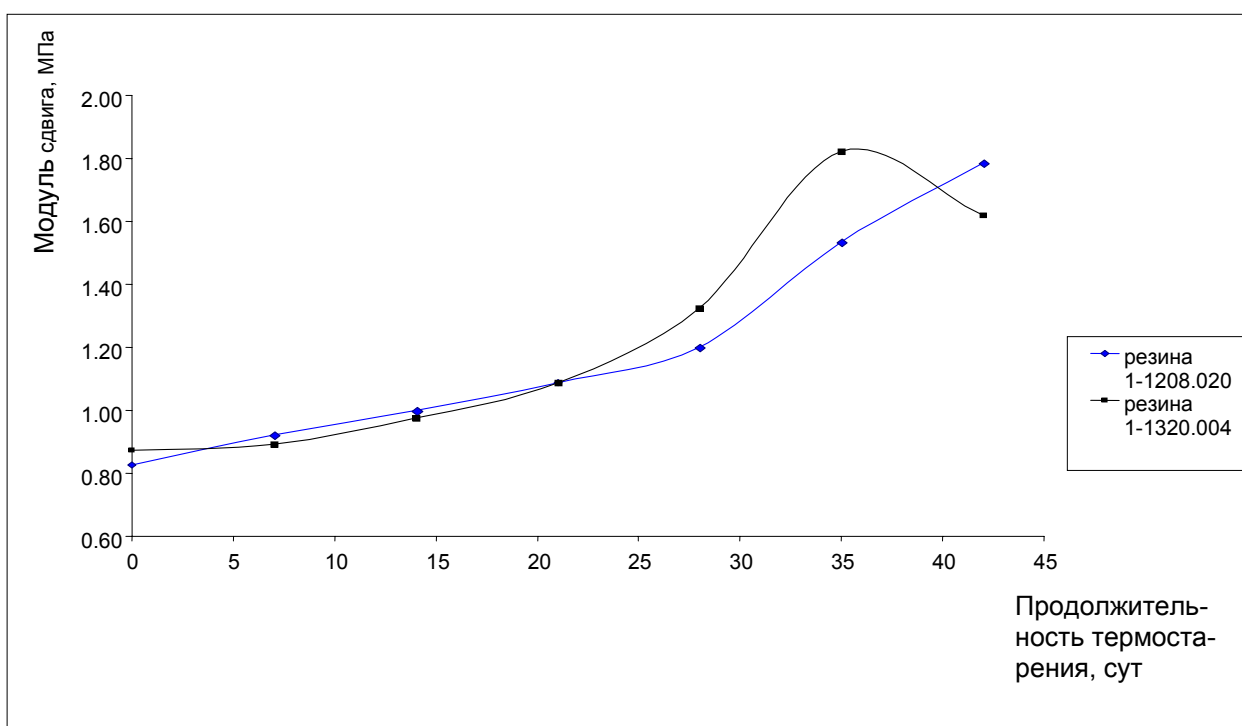


Рис. 7. Зависимость статического модуля сдвига от продолжительности термостарения для образцов из резин 1-1208.020 и 1-1320.004 (температура термостарения 125 °С)

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 термо-

старения снижения величины модуля сдвига не наблюдалось, в отличие от образцов из резины 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 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. 5...6), во-вторых, скорость старения резины 1-1208.020 после 25-ти суток термостарения значительно меньшая, чем у резины 1-1320.004 (рис. 5...7). 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 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 25 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. 8, 9.

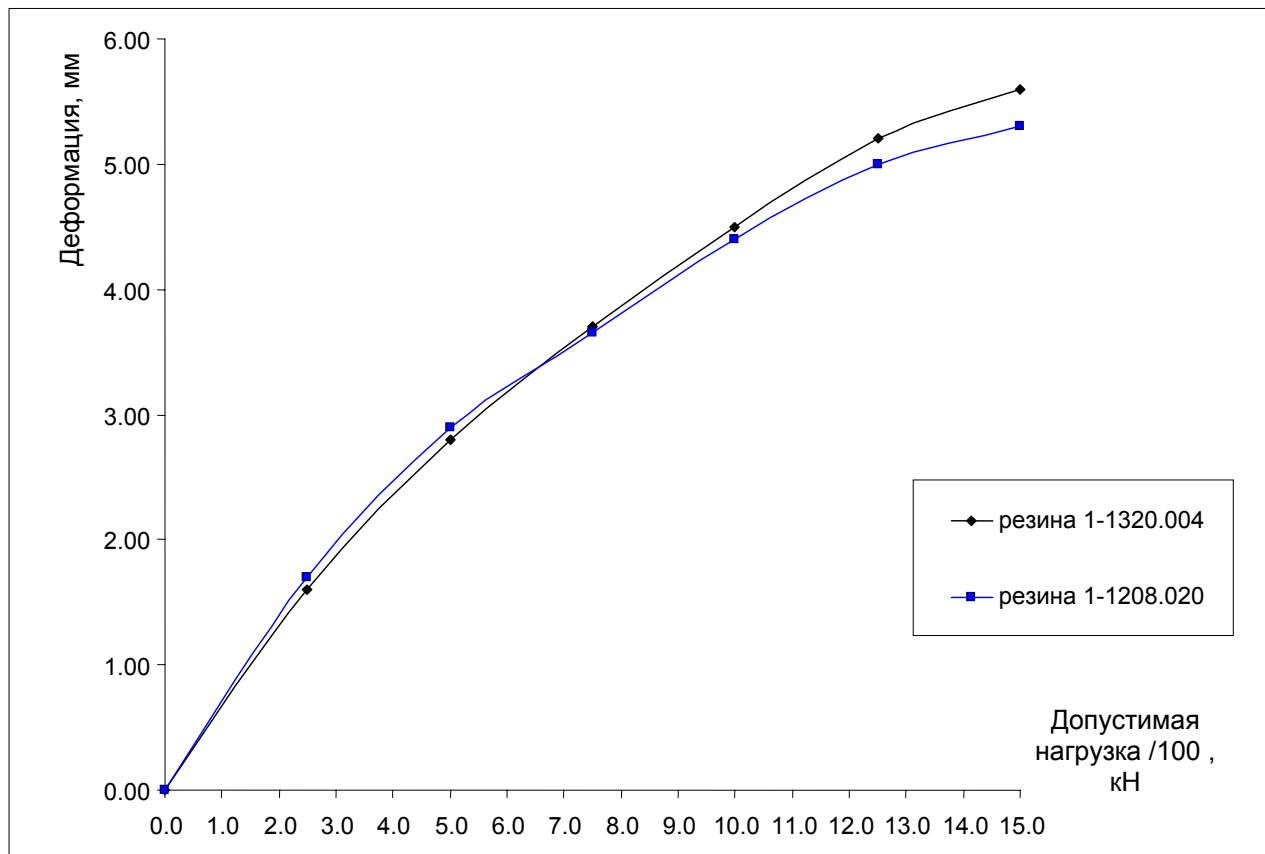


Рис. 8. Деформационные характеристики РАОЧ 20\*30\*5.2 при нагружении сжимающей вертикальной нагрузкой

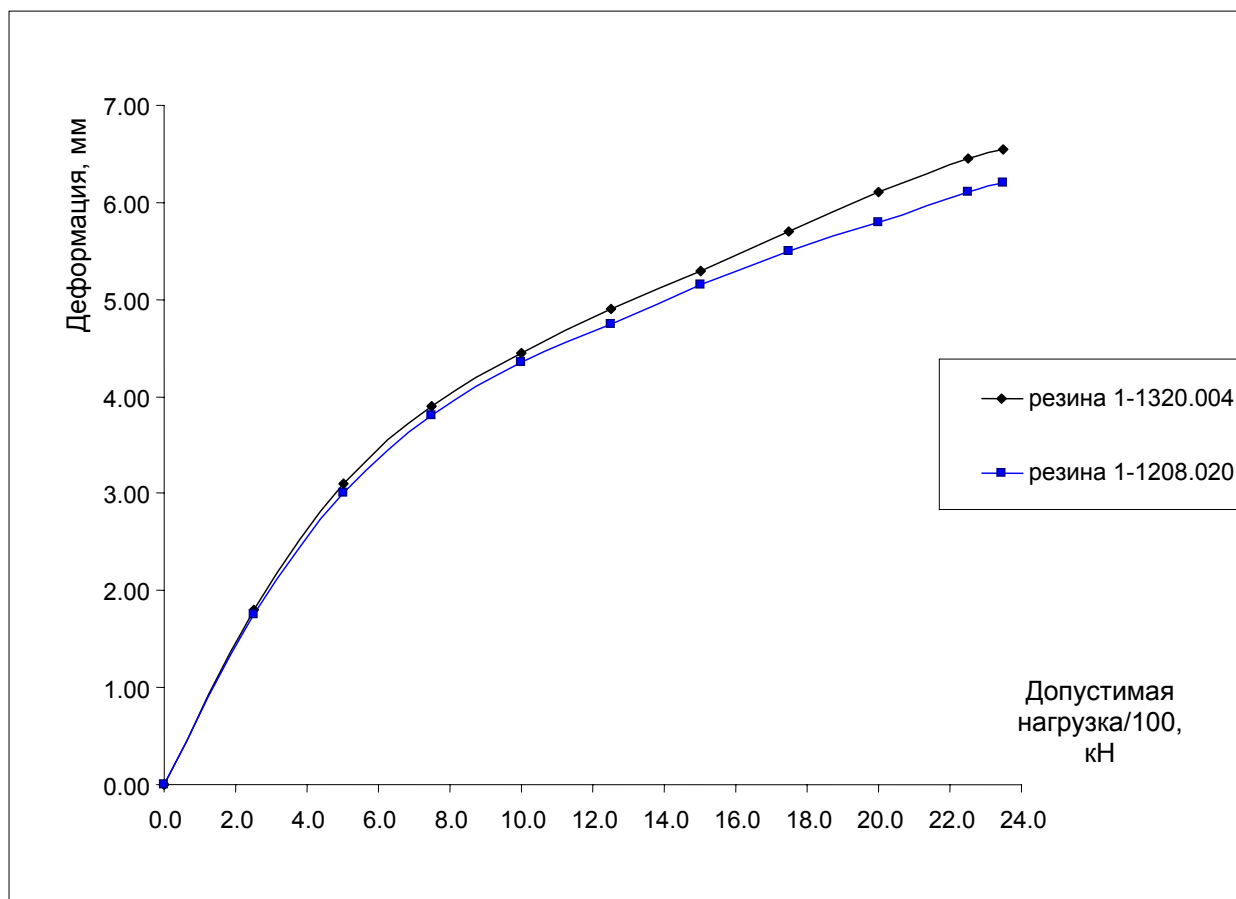


Рис. 9. Деформационные характеристики РАОЧ 40\*40\*7.8 при нагружении сжимающей вертикальной нагрузкой

Как видно из приведенных деформационных характеристик, при приложении одинаковых нагрузок РАОЧ, изготовленные из резины 1-1208.004, в зоне максимальных нагрузок имеют на 10-15 % меньшую деформацию по сравнению с РАОЧ из резины 1-1320.004. Учитывая то, что резина 1-1208.004 имеет значительно более высокие условную прочность при растяжении и условное растяжение при разрыве по сравнению с резиной 1-1320.004, можно утверждать, что РАОЧ из резины 1-1208.004 могут выдерживать 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 25 и более лет могут успешно использоваться в мостостроении.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хорольский М. С. Резиноармированные опорные части мостовых сооружений / М. С. Хорольский, А. И. Скоков, А. Г. Дяченко, В. В. Воловщикова // Сб. тезисов 5-й Украинской межд. конф. «Эластомерные материалы, технологии, оборудование, изделия», УГХТУ. – Д., 2004. – С. 25-26.
2. Скоков О. І. Гумоармовані опорні частини мостових споруд / О. І. Скоков, О. Г. Дяченко, С. В. Санжура, В. В. Воловщикова, М. С. Хорольський // Хімічна промисловість України, 2006, №3. – С. 73-75.

Поступила в редколлегию 17.12.2007.