

сальных позиций рассчитывать железобетонные элементы любой формы поперечного сечения, с различными классами бетона и арматуры, а также усиленные под нагрузкой железобетонные элементы.

Характерной особенностью модели является разбиение сечения на элементарные участки бетона и арматуры и применение, кроме уравнения равновесия усилий, условий деформирования сечения в виде гипотезы плоского осредненного (на стадии работы с трещинами) сечения, а также диаграмм при одноосном напряженно-деформированном состоянии бетона и арматуры

Целью исследования было сопоставление двух методик расчета прочности по нормальному сечению с опытными данными для железобетонных элементов, усиленных в сжатой зоне.

Усиленные под нагрузкой элементы имеют специфические особенности, связанные с начальным напряженно-деформированным состоянием при усилении, которое, безусловно, должно сказаться на суммарных относительных деформациях. Предполагалось, что при усилении под нагрузкой в расчете по первому методу ограничивать будут суммарные относительные деформации бетона основного сечения. С целью исключения влияния факторов, связанных с точностью решения основных уравнений, степени разбиения на элементарные площадки и др., расчет по обоим методикам выполнен по программе «Бета». Разрушение усиленных сжатых железобетонных элементов в зависимости от величины нагрузки при усилении начиналось с потери устойчивости дополнительной или основной арматуры.

Сопоставление результатов расчета для усиленных изгибаемых железобетонных элементов с опытными данными показало их удовлетворительную сходимость для обеих методик, поскольку в рассматриваемых случаях разрушения элементов по сжатой зоне максимальные внутренние усилия ограничиваются предельными сжимающими усилиями, которые может воспринимать сжатая зона сечения без достижения относительными деформациями крайнего сжатого волокна основного или дополнительного бетона предельных значений. Т.е. первая методика сводится ко второй, когда при последовательных нагружениях раньше перестают выполняться условия равновесия.

В случае усиленных сжатых железобетонных элементов расчет по методике действующих норм дает лучшую сходимость с опытными данными, поскольку ограничение относительных деформаций бетона с учетом совместной работы с арматурой косвенно ограничивает предельные относительные деформации в сжатой арматуре, учитывая потерю устойчивости стержней.

#### Литература

1. СНБ 5.03.01-02 «Бетонные и железобетонные конструкции». Минск., 2003, 138с.

© ПГУ

### **ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМООКСИЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ БИТУМОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КИСЛОГО ГУДРОНА**

*М. М. ЛЕВЧКИН, Е. В. ДЖУМОК, М. М. КУЛЬПО*

This article presents that paving bitumen can be obtained by compounding high-melting straight-run tar with acid tar, a by-product of sulfonate additives production. The thermal-oxidative stability of the development type with the optimal concentration of acid tar is studied under the conditions of different methods of ageing conducting. It is specified that bitumen obtained with the use of acid tar differs from bitumen obtained by oxidizing technology and by compounding oil residue in better thermal-oxidative stability. Besides, it is revealed that bitumen thermal-oxidative stability can be raised with the help of modification by acid tar and calcium compounds. The optimal composition of these compounds is estimated

Ключевые слова: битум, гудрон, кислый гудрон, термоокислительная стабильность

В нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности важное значение представляет проблема рационального использования промышленных отходов. Среди трудно утилизируемых побочных продуктов первое место занимают кислые гудроны. В литературе встречается достаточно много предложений по их использованию [1, с. 18; 2, с. 7]. В течение длительного времени кислые гудроны рассматриваются как сырье для получения дорожных битумов, однако известные способы переработки кислых гудронов не позволяют производить высококачественные вяжущие материалы, в связи с чем широкого применения не находят.

Важной задачей при производстве битумов является получение более устойчивых к старению вяжущих материалов, что позволит увеличить долговечность дорожных покрытий. Поэтому изучение термоокислительной стабильности битумов, полученных на основе кислого гудрона, имеет практическое и научное значение.

Проведенные исследования показали, что получение битума возможно путем компаундирования прямогонного высокоплавкого гудрона с кислым гудроном, являющимся отходом производства сульфонатных присадок. Следует отметить, что образец с содержанием кислого гудрона в интервале

10–13 % масс. соответствует требованиям к качеству битума марки БНД 90/130 и, более того, по результатам двух методов проведения старения (ГОСТ 18 180, ASTM D 2872) для него характерна повышенная термоокислительная стабильность по сравнению с битумами, полученными по традиционной окислительной технологии и путем компаундирования нефтяных остатков.

Также для увеличения устойчивости к термоокислительному старению предлагается получать битумные композиции на основе битума, модифицированного кислым гудроном, гидроксидом и карбонатом кальция. На основании экспериментальных данных установлено, что оптимальным является следующий состав композиции: содержание кислого гудрона, гидроксида и карбоната кальция по 0,25 % масс. на битум. Получение битумных композиций может служить альтернативой применению дорогостоящей сульфонатной присадки [3, с. 151].

Таким образом, в результате проведенных исследований предложено два способа повышения термоокислительной стабильности дорожного битума, предусматривающие утилизацию крупнотоннажного отхода нефтеперерабатывающей промышленности – кислого гудрона, что представляет важность не только с экологической точки зрения, но и позволяет расширить сырьевые ресурсы для получения битумов.

#### Литература

1. Гимаев Р. Н. Современные методы утилизации сернокислотных отходов нефтепереработки и нефтехимии. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1973. – 44 с.
2. Гончаренко А. Д. Современное состояние и перспективы переработки сернокислотных отходов. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1982. – 52 с.
3. Кульно М. М. Влияние сульфонатной присадки на термоокислительную стабильность дорожного битума. Материалы научной республиканской конференции студентов и аспирантов. – Витебск, 2002. – С. 149–152.

© ПГУ

### **ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПАР ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ ТРЕНИЕМ НА ОСНОВЕ МЕДНО-ЦИНКОВЫХ СПЛАВОВ**

**А. Н. ЛУКАШОК, В. М. КОНСТАНТИНОВ**

The paper deals with investigation of structure and properties of coatings, obtained with friction finishing on the Copper-Zink alloys base. The coatings provide surfaces with high wear-resistance and antiscratch properties and can be effectively used at precision steel hydraulic and fuel equipment machine parts restoration

Ключевые слова: антифрикционные покрытия, фрикционно-механическая обработка

Работа посвящена повышению износостойкости прецизионных пар трения скольжения фрикционно-механическим нанесением покрытий на основе медно-цинковых сплавов. Установлено [1, стр. 364–369], что фрикционно-механическая обработка медно-цинковыми сплавами повышает износостойкость, задиристость трущихся деталей и снижает их склонность к водородному изнашиванию.

В работе проведен анализ промышленных медно-цинковых сплавов для фрикционно-механического нанесения покрытий, изучены механизмы образования покрытий и структуры тонких плёнок, определена связь состава медно-цинковых сплавов с триботехническими и эксплуатационными свойствами покрытий.

При анализе антифрикционных покрытий, полученных трением, установлена их двуслойность [2, стр. 38–39]. Обнаружен не упоминавшийся ранее интерметаллидный слой  $Fe_4Cu_3$ , способный играть дублирующую защитную роль при трении в случае отсутствия медной и полимерной плёнок. Триботехнические испытания показали, что фрикционно-механическое нанесение покрытий на основе медно-цинковых сплавов повышают предельную нагрузку схватывания деталей. Максимальное повышение задиристости (28–32 %) наблюдается при использовании латуней Л65, Л62, ЛС59-1 [2, стр. 44–46]. Определена связь триботехнических свойств деталей с механическими свойствами используемых сплавов. Лучшая износостойкость наблюдается у деталей с покрытиями, нанесенными сплавами с содержанием цинка 30–45 % [2, стр. 51–54]. Разработаны, запатентованы, изготовлены и испытаны устройства для фрикционно-механического нанесения покрытий, позволяющих наносить качественные покрытия с учетом особенностей деталей с высокой производительностью. Упрочнены опытные партии деталей пар трения гидроаппаратуры, двигателей внутреннего сгорания и других прецизионных узлов для ОАО «Витебскнабмелиоводхоз», НПО «Партнер», ООО «Белмехсоюз», ОАО «Проммашремонт» и ОАО «Городокский райагропромснаб».

Результаты исследований использованы в государственной научной программе «Наноматериалы и нанотехнологии» («Теория и технология нанокристаллических тонких покрытий триботехнического назначения из диффузионно-легированных сплавов»).