

В 1923 г. Петерс и Слепян предложили теорию перенапряжений, отличную от теории Петерсена: горение дуги продолжается до перехода через нуль тока промышленной частоты; гашение дуги происходит без переходного процесса; после каждого гашения дуги напряжение смещения нейтрали остается постоянным и равным  $U_{\phi}$ ; повторные зажигания дуги происходят регулярно через каждый период при максимальном напряжении на поврежденной фазе; длительность горения дуги при каждом повторном зажигании равна полупериоду; восстановление напряжения на поврежденной фазе после гашения дуги происходит плавно с частотой; перенапряжения на здоровых фазах не превышают значений  $(3,0-3,1)U_{\phi}$ .

В 1957 г. Беляков Н. Н. предложил теорию возникновения перенапряжений, занимающую промежуточное положение между теориями Петерсена и Петерса и Слепяна: гашение дуги происходит при каждом прохождении тока через нуль; повторное зажигание дуги происходит через малую долю периода собственных колебаний при малых напряжениях восстановления; гашение дуги на длительное время имеет место в тех случаях, когда высокочастотный максимум восстанавливающегося напряжения достаточно мал и становится меньше величины диэлектрической прочности изоляции; максимально возможные перенапряжения с учетом затухания и междуфазных емкостей равны  $3,2U_{\phi}$ .

В современных работах по исследованию влияния сопротивления цепи замыкания на землю на переходные процессы при ОЗЗ выявлено, что наибольшая вероятность возникновения ОЗЗ с переходным сопротивлением 0–200 Ом. Указанный фактор определяет уровни перенапряжений при перемежающейся дуге. Сопротивление в цепи ОЗЗ обуславливает затухание амплитуд токов и напряжений поврежденной и неповрежденных фаз.

По результатам регистрации в действующих сетях, уровни перенапряжений при ОЗЗ в отдельных случаях достигают значений, превышающих четырехкратную величину. В сетях с малыми токами замыкания, которые обладают большим количеством самоустраняющихся ОЗЗ, перенапряжения оказываются выше, чем в сетях с большими токами. Наряду с этим в сетях напряжением 6–10 кВ достаточно часто наблюдаются случаи, когда заземляющая дуга горит устойчиво при токах замыкания на землю менее 5 А. Высокие уровни перенапряжений при ОДЗ вызваны повторными зажиганиями дуги.

©ВГТУ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОПОРНОЙ ЖЕСТКОСТИ МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ НИЗА ОБУВИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

*Ю. А. ЕСПЕНКО, В. Е. ГОРБАЧИК*

In stated research work was designed methods of the determination to supporting stiffness of bottom shoe materials and shoe systems of bottom materials under dynamic loads. There was explored factor to supporting stiffness of the broad circle modern bottom shoe materials for sole, base insole, filler, as well as large number of the different shoe systems of bottom materials, both under static, and under dynamic conditions of the loading

Ключевые слова: опорная жесткость, глубина внедрения, системы материалов низа, динамические нагрузки

Данная работа посвящена актуальной проблеме – повышению эргономических свойств обуви. Однако в настоящее время многие показатели качества эргономических свойств практически не изучены, а существующие методы и средства их количественного измерения имеют существенные недостатки, что не позволяет в полной мере осуществлять всестороннюю оценку уровня качества производимой обуви. К числу таких показателей качества относится и такой важный показатель эргономических свойств обуви, с точки зрения комфортности, как опорная жесткость, отражающий взаимодействие плантарной поверхности стопы и системы низа обуви в процессе ее эксплуатации.

В настоящее время в обувной промышленности в качестве материалов деталей низа широкое применение находят различные современные материалы преимущественно импортного производства, имеющие широкий диапазон физико-механических свойств и достаточно сильно отличающиеся по качественным свойствам, в том числе и по такому эргономическому показателю как опорная жесткость, от ранее применяемых в производстве обуви материалов низа.

Проведенные ранее работы по исследованию опорной жесткости [1–4] имеют ряд существенных недостатков, одним из которых является проведение испытаний лишь в статических условиях, что не всегда обеспечивает получение показателей, согласующихся с работой деталей низа обуви в процессе эксплуатации. Учитывая вышеуказанное, было решено провести исследование опорной жесткости современных материалов низа обуви и их систем при динамических нагрузках.

В результате проведенного исследования была разработана методика определения опорной жесткости материалов и систем материалов низа обуви при динамическом нагружении; произведена оценка различных современных материалов низа обуви, наиболее часто применяемых на обувных предприятиях в настоящее время [5], и их систем по эргономическому показателю «опорная жесткость», определяемому при статической и динамической нагрузках; выявлено влияние на опорную

жесткость низа обуви различных материалов стельки, простилки, подошвы, а также вкладных стелек различной конструкции; выявлено существование связи между значениями показателя опорной жесткости материалов и систем материалов низа обуви, определяемыми при статической и динамической нагрузках.

### Литература

1. Молебная, Л.И. Исследование опорной жёсткости низа обуви / Л.И. Молебная, О.В. Фарниева // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1974. – № 6. – С.81–84.
2. Смелкова, С.В. К вопросу об опорной жёсткости низа обуви. Стопа и вопросы построения рациональной обуви / С.В. Смелкова, В.Е. Горбачик // Материалы 5-го Пленума Межведомственной комиссии по стопе и рациональной обуви. – Москва, ЦИТО. – 1980. – С.37–41.
3. Духота, В.Б. Определение опорной жесткости пакетов низа детской кожаной обуви / В.Б. Духота, Э.А. Бабаев, В.П. Коновал // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1980. – № 1. – С.80–82.
4. Горбачик, В.Е. Опорная жесткость обуви и методика её определения / В.Е. Горбачик // Кожевенно-обувная промышленность. – 1998. – № 3. – С.32 – 33.
5. Еспенко, Ю.А. Исследование опорной жёсткости материалов низа обуви / Ю. А. Еспенко, В.Е. Горбачик // Материалы докладов 43 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, 2010. – С. 249–251.

©БрГТУ

## ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ СХЕМЫ ПОЛОГИХ АРОЧНЫХ СИСТЕМ НА ИХ НАПРЯЖЕНО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ

Д. А. ЖДАНОВ, В. П. УЛАСЕВИЧ

The deformation-related method of structural analysis based on analytical solutions for elastic low-angle (shallow) arches is presented. The validity of the method proposed has been proved by a large-scale numerical analysis carried out with the help of a PC programme based on the algorithm for numerical realization of integral quadratures, and developed by the authors

Ключевые слова: деформационный расчет пологих арок, алгоритм и программа для ПК

### ВВЕДЕНИЕ

В статье изложены исследования, посвященные одному из приоритетных и актуальных направлений строительной механики – совершенствованию теории деформационного расчета пологих арочных систем. Сказанное особенно актуально в связи с необходимостью оценки расчетных моделей гибких пологих арочных систем покрытий большепролетных зданий, обладающих ярко выраженной геометрической нелинейностью. На важность этого направления строительной механики указывает ряд современных нормативных документов и, в первую очередь, международный стандарт по надежности СТБ ISO 2394-2007, а также стандарты Еврокода, принятые в РБ в 2010 г.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Математическая модель алгоритма численного решения гибких пологих арок рационального очертания в деформированном состоянии построена на аналитических решениях уравнений в замкнутом виде, полученных в [1], и численно реализованных авторами в [2] в алгоритме и программе для компьютера DrarCAD.

В процессе решения поставленной задачи с использованием программы DrarCAD в качестве виртуального инструмента исследований получены следующие основные результаты:

а) доказано путем сравнения выполненных расчетов по программе DrarCAD с результатами нелинейных расчетов арок, полученных доктором технических наук Белоусом А. А., доктором технических наук Пиковским А. А. и другими по их собственным методикам, что математическая модель анализа, заложенная в алгоритме программы согласно [1], обладает высокой точностью;

б) показано, что алгоритм и программа расчета арок DrarCAD обладают универсальностью учета силовых, конструктивных и других параметров: произвольная функция нагрузки на арку представлена эквивалентным ей дискретным массивом сосредоточенных сил; возможен расчет на температурные воздействия и усилия предварительного напряжения; имеется возможность моделировать произвольное сопряжение пролета арки с опорами; допускается принять за исходное любое из возможных деформированных состояний равновесия арки.

Используя программу DrarCAD в качестве инструмента исследователя, авторами выполнены численные исследования, в результате которых определены зависимости, описывающие влияние соотношений геометрических, жесткостных и силовых параметров арок на их напряженно-деформированное состояние, и представлены в форме трехмерных графиков.

В работе показано, что расчет гибких пологих арок по деформированной схеме позволяет решить задачу обо всех возможных для арок предельных состояниях под эксплуатационными силовыми воздействиями, в том числе и об ее устойчивости. Это дает возможность отыскать параметры, обеспечивающие надежность арок при минимальной материалоемкости.