



БРЕСЛАВЦЕВА Ирина Валентиновна

На правах рукописи



003054 149

УДК 679.7.053

**Напряженно-деформированное состояние проволок
каната при свивке и метод расчета
параметров преформаторов**

Специальность 05.03.05

«Технологии и машины обработка металлов давлением»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

2007

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Южно-Российском государственном техническом университете (Новочеркасском политехническом институте)»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Рыжиков Владимир Александрович.

Официальные оппоненты: докт. техн. наук, профессор Резников Ю.Н.
канд. техн. наук, доцент Веселовский В.А.

Ведущее предприятие: ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод»

Защита диссертации состоится «20» марта 2007 г.

На заседании диссертационного совета Д 212.058.01 при ГОУ ВПО «Донской государственной технической университет» по адресу: 344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.

Автореферат разослан «16» февраля 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доц., канд. техн. наук



А.И. Шипулин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Подъемно - транспортные машины играют огромную роль в развитии производства. Современные технологии требуют применения разнообразных типов подъемно-транспортных машин и механизмов, обеспечивающих непрерывность и ритмичность производительных процессов. В грузоподъемных машинах в качестве гибких органов применяют, как правило, стальные проволочные канаты. Преимуществами стальных канатов, обеспечивающими их преобладающее применение в грузоподъемных машинах, являются плавная и бесшумная работа при любых скоростях, гибкость во всех направлениях и надежность в работе, относительно малый вес. Развитие современных технологий предъявляет повышенные требования к качеству канатов.

Фундаментальный вклад в теорию, расчет и конструирование стальных канатов внесли П.П. Нестеров, М.Ф. Глушко, М.А. Букштейн, Б. Д. Тиховидов, С.Т. Сергеев, Г.П. Ксюнин, А.П. Ветров, В.И. Сухинин И.Т. Козлов, Н.К. Гончаренко, В.Н. Чаругина, М.Н. Хальфин, В.А. Рыжиков, В.А. Веселовский, А.А. Короткий и др.

Однако, несмотря на достигнутые в вопросах конструирования стальных канатов и технологии их изготовления успехи, практика эксплуатации показывает, что срок службы канатов обычно не превышает 2-3 лет. При эксплуатации канатов встречаются дефекты в виде расслоения, выхода и вспучивания прядей и образования «фонарей», а также возникновения дефекта под названием «штопор», при котором центральная ось каната приобретает форму пространственной винтовой линии.

Как известно, при свивке каната его элементы испытывают упруго – пластические деформации. Внутренние силовые факторы в сечении проволок канатов вызывают появление свивочных напряжений и создают в сечении каната большие моменты упругой отдачи, раскручивающие канат и нарушающие его структурную плотность, что способствует изменению изначально установленных технологических параметров свивки. Изучение свивочных напряжений и разработка методов их нейтрализации является одной из основных задач канатного производства.

Для изменения и перераспределения остаточных напряжений в проволоках пряди канатов двойной свивки на канатных заводах применяют дополнительную пластическую обработку прядей – преформацию. Для выбора параметров преформации в заводских условиях используются специальные таблицы, которые составлены на основе экспериментальных данных. На различных заводах используются различные значения параметров преформации, т. е. нет единых норм их установки в зависимости от конструкции каната, предела прочности проволок, усилия вытяжки. Отношение степени преформации к диаметру каната колеблется в широких пределах (0.9–2.5). Выбор конструкции преформатора также основан, в основном, только на экспериментальных данных.

Существующие методики расчета напряженно-деформированного состояния проволок каната довольно громоздки для практического применения, так как в них рассматривают лишь деформации изгиба, в то время как проволоки каната подвергаются еще кручению и растяжению. Это не позволяет определить изменение НДС проволок каната на всех этапах его изготовления с учетом применения преформации прядей каната двойной свивки и не учитывает остаточных деформаций от технологического натяжения и упрочнение материала проволок.

Таким образом, задача разработки метода расчета напряженно-деформированного состояния проволок каната на основе математической модели технологического процесса свивки каната является весьма актуальной.

Соответствие диссертации научному плану работ ЮРГТУ (НПИ) и целевым комплексным программам. Диссертационная работа выполнена в рамках научного направления «Теория и принципы создания машин, автоматов, роботов и гибких автоматных производств», утвержденного Ученым советом ЮРГТУ (НПИ) 17.01.01 по госбюджетной теме кафедры «Механика, триботехника» П53-813 «Теория расчета канатов для глубоких шахт».

Цель работы. Разработка метода расчета технологических параметров свивки канатов и выбора рациональных параметров настройки преформаторов.

Поставленная цель исследования обуславливает необходимость решения следующих задач:

- разработать комплексную математическую модель напряженно-деформированного состояния проволок в канате, позволяющую аналитически исследовать влияния технологических факторов на параметры свивки каната;
- составить алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния проволок в канате на различных этапах их деформирования при одновременном их растяжении, изгибе, кручении с учетом упрочнения материала проволок;
- исследовать математическую модель напряженно-деформированного состояния каната на ПЭВМ;
- разработать методику расчета рациональных технологических параметров свивки канатов.

Идея работы. Совершенствование методики расчета напряженно-деформированного состояния проволок канатов, рациональных технологических параметров процесса свивки канатов с применением преформации проволок прядей и прядей канатов из условия минимизации изменения кривизны проволок (прядей) каната.

Защищаемые научные положения:

- математическая модель технологического процесса свивки каната;

- метод расчета остаточных напряжений, позволяющий определять значения силовых факторов, соответствующих рациональным технологическим параметрам процесса свивки каната;
- результаты сравнительного анализа изменения напряженно – деформированного состояния проволок канатов при одновременном их растяжении, изгибе, кручении в зависимости от изменения коэффициентов свивки прядей и канатов, значений предела текучести;
- метод расчета рациональных параметров преформации проволок спиральных канатов и канатов двойной свивки, изготовленных с учетом преформации проволок, позволяющий определить рациональные параметры преформаторов;
- пакет прикладных программ для расчета напряженно – деформированного состояния проволок (прядей) каната и рациональных технологических параметров свивки.

Научная новизна:

- разработан метод расчета напряженно-деформированного состояния проволок каната при одновременном их растяжении, изгибе, кручении, с учетом упрочнения материала проволок канатов и на его основе методика расчета рациональных технологических параметров свивки канатов;
- получено графическое распределение зон деформаций в сечении проволок канатов на различных этапах его изготовления, позволяющее дать оценку изменению внутренних силовых факторов;
- установлено влияние изменения коэффициентов свивки прядей и канатов, значений предела текучести на параметры настройки преформатора и силовые характеристики процесса преформации проволок (прядей);
- разработан пакет прикладных программ для расчета рациональных технологических параметров свивки канатов с учетом напряженно-деформированного состояния его проволок.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением современных методов исследований: анализом научно-исследовательских работ по теме диссертации; современной теории малых упруго-пластических деформаций металлов; использованием современных ЭВМ и программных продуктов для выполнения расчетов и обработки экспериментальных данных; корректностью принимаемых допущений при разработке методик расчета; положительными результатами внедрения на ООО «ВолгоМетиз» теоретических решений, рекомендаций и выводов, полученных в диссертационной работе.

Научное значение работы состоит в следующем:

- разработана комплексная математическая модель технологического процесса свивки каната, позволяющая определять изменения НДС на различных этапах его изготовления;
- разработана методика расчета рациональных технологических параметров процесса свивки канатов, с учетом преформации проволок (прядей) на основе оптимизации силовых факторов в сечении проволок каната;
- разработана методика расчета рациональных параметров настройки преформатора.

Практическое значение состоит в том, что разработанная методика расчета рациональных технологических параметров свивки канатов, и соответствующее программное обеспечение могут применяться на канатных заводах для расчета технологических параметров свивки канатов различных ГОСТов и настройки преформаторов.

Внедрение результатов диссертационных исследований. Разработанная методика расчета рациональных технологических параметров свивки канатов и соответствующие пакеты прикладных программ для канатов двойной свивки были внедрены на ООО «ВолгоМетиз» г. Волгограда, что подтверждается актами внедрения.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и одобрены на ежегодных научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и сотрудников ШИ ЮРГТУ (НПИ), (2000-2004) г., г. Шахты, Новочеркасск, Ростовской обл.; региональной юбилейной 50-я научно-производственной конференции ШИ ЮРГТУ, 2001; научно-технической конференции в Тульском Государственном Техническом Университете, Тула, 2001г., межвузовской научно-технической конференции «Экология, технология и оборудование» в Донском государственном техническом университете, Ростов-на-Дону, 2003 г., Всероссийской научно-практической конференции в Воронежском Государственном Университете, Воронеж, 2005 г., международной научно-технической конференции БГТУ, Санкт-Петербург, октябрь 2005 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ.

Объем работы. Диссертационная работа включает в себя: введение, пять разделов, заключение и библиографический список (111 наименований). Общий объем диссертационной работы составляет 247 страниц, поясняется 44 рисунками, 5 таблицами и включает в себя 76 страниц приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели, идея работы, защищаемые научные положения, отмечается научное и практическое значение полученных результатов. Приводятся сведения о внедрении результатов работы.

В первом разделе проведен анализ работ по вопросам влияния параметров свивки канатов, напряженно-деформированного состояния элементов каната, параметров преформации на стойкость и долговечность канатов в

эксплуатации. Проведен анализ факторов влияющих на технологические нагрузки в канате, рассмотрены существующие методики расчета напряженно-деформированного состояния проволок каната и основные факторы, определяющие и влияющие на технологические параметры свивки каната. Исследования ряда авторов: проф., д.т.н. Глушко М.Ф., проф., д.т.н. Гончаренко Н.К., чл. корр. АН Украины, д.т.н. Нестерова П.П., проф., д.т.н. Козлова В.Т., проф., д.т.н. Хальфина М.Н., к.т.н. Хорходина Н.К., проф. д.т.н. Рыжикова В.А. и других установили, что технологические нагрузки при свивке каната приводят к появлению различных остаточных напряжений и деформаций в проволоках. При этом нагрузки между проволоками распределяются неравномерно. Что приводит к изменению технологических параметров свивки канатов, и способствует снижению качества и стойкости каната. Однако нет ясности в вопросе, какие должны быть рациональные технологические параметры процесса свивки каната, способствующие минимизации величины изменения кривизны проволок (прядей) каната, приводящие к уменьшению момента упругой отдачи и наиболее равномерно распределению внутренних усилий в сечении проволок канатов с учетом упрочнения материала проволок при пластических деформациях.

Анализ существующих методик расчета напряженно-деформированного состояния проволок каната показал, что в расчетах напряженно-деформированного состояния проволок каната учитывали лишь изгиб, в то время как проволоки каната подвергаются еще кручению и растяжению, а также не учитывалось линейное упрочнение материала проволоки после перехода за предел текучести. Расчет рациональных параметров деформации канатов не возможен без изучения и определения величин остаточных напряжений в проволоках каната, внутренних усилий так как поиск рациональных параметров связан с минимизацией силовых факторов в сечении проволок канатов.

Проведенный анализ методик расчетов существующих методов пластической обработки показал, что нет научно-обоснованной методики по выбору рациональных параметров настройки устройств, для пластической обработки элементов каната при свивке, что снижает стойкость каната в эксплуатации.

Во втором разделе, «Математическая модель напряженно-деформированного состояния каната при его свивке», диссертации приведены теоретические основы разработанной математической модели технологического процесса свивки канатов по технологиям с учетом и без преформации, которая позволяет аналитически исследовать влияния технологических факторов на параметры свивки каната. Для описания напряженно-деформированного состояния проволок каната использовалась теория малых упруго-пластических деформаций, которая учитывала все этапы нагружения. При исследовании напряженного состояния проволок круглопрядных канатов было принято, что в сечениях проволок реализуется одноосное растяжение (сжатие) со сдвигом и, кроме того, материал проволок подчиняется диаграмме с линейным упрочнением. При растяжении и кручении ка-

натов относительные смещения элементов получаются незначительными. При исследовании НДС проволок канатов свитых без преформации считали, что геометрически равноценные проволоки или пряди являются равноправными в каждом поперечном сечении каната и в силовом отношении. Натяжение всех проволок в канате предполагается одинаковым.

При свивке проволока испытывает упруго - пластические деформации изгиба, растяжения и кручения. При этом основной элемент каната принимает форму винтовой линии и характеризуется постоянной кривизной χ и кручением k . Упруго - пластические деформации, которые испытывают элементы каната при свивке, вызывают в поперечном сечении проволоки нормальные напряжения от изгиба и растяжения, а также касательные напряжения от кручения. Данные напряжения в поперечном сечении проволоки спирального каната в принятой системе координат определялись по формулам:

$$\left. \begin{array}{l} \text{а) в упругой зоне сечения} \\ \sigma = \pm E \left(\frac{\sin^2 \alpha}{r_1} (y+z) + \varepsilon \right) \leq \sigma_T, \\ \tau = G \sqrt{y^2 + z^2} \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{r_1} \leq \tau_T, 0 < \sqrt{y^2 + z^2} < \rho_T \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{б) в пластической зоне сечения} \\ \sigma_p = \pm \sigma_T + E_1 \left(\frac{\sin^2 \alpha}{r_1} (y+z) \mp \varepsilon_T \right), \\ \tau_p = \tau_T + G_1 r \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{r_1} \end{array} \quad (1) \quad (2)$$

где y, z - координаты точки в плоскости поперечного сечения проволоки; E - модуль упругости первого рода; G - модуль сдвига, α - угол свивки пряди; r_1 - радиус свивки пряди, ε_T - деформация, соответствующая пределу текучести.

Напряжения, возникающие в проволоках каната двойной свивки, были исследованы в следующей последовательности: в начале определялись напряжения от свивки проволок в прядь, а затем - напряжения от свивки прядей в канат с учетом первых. При свивке прядей в канат плоскости изгиба проволок не совпадают с плоскостью изгиба проволок при свивке прядей, то есть проволока испытывает вторичный изгиб уже в другой плоскости. Проволоки при этом получают дополнительные деформации изгиба n , b и кручения t . Углы ψ, γ между плоскостями дополнительного и суммарного изгиба определялись из соотношений:

$$\left. \begin{array}{l} b = \chi \cos 2\alpha \cos^2 \alpha \cos \varphi + \frac{\cos \beta \sin \beta \sin 2\alpha}{2r_3}; \\ n = -\chi (1 + \sin^2 \alpha) \cos \alpha \sin \varphi; \\ t = -k (1 + \sin^2 \alpha) \frac{\sin 2\alpha \sqrt{\sin \beta} \cos \varphi}{2r_3}; \end{array} \right\} \quad (3) \quad \left. \begin{array}{l} \psi = \operatorname{arctg} \frac{n}{b}; \\ \gamma = \operatorname{arctg} \frac{n}{\chi + b}. \end{array} \right\} \quad (4)$$

$$\text{где } \chi = \frac{\sin^2 \beta}{r_3}$$

При этом суммарную дополнительную кривизну проволок при свивке в канат и полную кривизну проволок в канате определяли по следующим формулам. Зная напряжения в сечении проволок, согласно формулам (1),

(2), определяли внутренние усилия в сечении проволок каната согласно формулам.

$$\left. \begin{aligned} \chi_a &= \sqrt{b^2 + n^2}; \\ \chi_k &= \sqrt{(\chi + b)^2 + n^2}; \end{aligned} \right\} (6)$$

$$\left. \begin{aligned} M_n &= \int_{F_y} \sigma^y \rho \sin wdF + \int_{F_p} \sigma^p \rho \sin wdF; \\ M_b &= - \left(\int_{F_y} \sigma^y \rho \cos wdF + \int_{F_p} \sigma^p \rho \cos wdF \right); \\ M_t &= \int_{F_y} \tau^y \rho dF + \int_{F_p} \tau^p \rho dF; \\ N_i &= \int_{F_y} \sigma^y dF + \int_{F_p} \sigma^p dF. \end{aligned} \right\} (7)$$

Для описания взаимодействия внутренних сил в канате использовали известные дифференциальные уравнения Кирхгофа для тонкого стержня, записанные применительно к винтовому элементу каната и взятые в проекциях на оси триэдра (b,n,t). В свою очередь составляющие вектора полной угловой скорости вращения внутреннего триэдра $b, n, t - \omega_t$ кручение, ω_n - кривизна в плоскости (t, b), ω_b кривизна оси проволоки в плоскости (t, n) при свивке проволок в прядь (канат) определяли по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dN_n}{ds} + w_t N_b - w_b N_t &= -f_n; \\ \frac{dN_b}{ds} + w_n N_t - w_t N_n &= -f_b; \\ \frac{dN_t}{ds} + w_b N_n - w_n N_b &= -f_t. \end{aligned} \right\} (8) \left. \begin{aligned} \frac{dM_n}{ds} + w_t M_b - w_b M_t &= -N_b - m_n; \\ \frac{dM_b}{ds} + w_n M_t - w_t M_n &= N_n - m_b; \\ \frac{dM_t}{ds} + w_b M_n - w_n M_b &= -m_t. \end{aligned} \right\} (9) \left. \begin{aligned} \omega_t &= \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{r_1}; \\ \omega_n &= -\frac{d\alpha}{ds}; \\ \omega_b &= \frac{\sin^2 \alpha}{r_1}. \end{aligned} \right\}$$

Внешние усилия в элементах каната определялись по следующим зависимостям (10,11). Чтобы установить связь внутренних сил с внешними силами, приложенными к канату, необходимо перейти к системе координат, связанной с поперечным сечением каната, при соответствующей замене обозначений. Суммируя все внутренние силы и моменты в поперечном сечении каната, можно найти проекции главного вектора \bar{Q} и главного момента \bar{L} .

При свивке канатов по технологиям с учетом преформации для анализа НДС проволок (прядей) каната необходимо вычислить рациональное значение кривизны преформации проволок (прядей). Так как в процессе преформации оси проволоки (пряди) каната должна быть задана кривизна χ_{np} , обеспечивающая при свивке в прядь (канат) остаточную кривизну в зоне пластических деформаций χ_k , равную кривизне проволоки в канате (пряди) и в зоне упругих деформаций остаточная деформация должна соответствовать пределу текучести ϵ_T . Для определения кривизны преформации надо

$$\left. \begin{aligned}
 N_{xi} &= N_t \cos \alpha + N_b \sin \alpha \\
 N_{yi} &= N_t \sin \alpha \cos \varphi + N_n \sin \varphi - N_b \cos \alpha \cos \varphi \\
 N_{zi} &= -N_t \sin \alpha \sin \varphi + N_n \cos \varphi + N_b \cos \alpha \sin \varphi \\
 M_{xi} &= M_b \sin \alpha + M_t \cos \alpha + (N_t \sin \alpha - N_b \cos \alpha) \cdot r \\
 M_{yi} &= -M_b \cos \alpha \cos \varphi + M_t \sin \alpha \cos \varphi + M_n \sin \varphi - \\
 &\quad - (N_b \sin \alpha + N_t \cos \alpha) r \cos \varphi \\
 M_{zi} &= M_b \cos \alpha \sin \varphi + M_n \cos \varphi - M_t \sin \alpha \sin \varphi + \\
 &\quad + (N_b \sin \alpha + N_t \cos \alpha) r \sin \varphi.
 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

$$\left. \begin{aligned}
 N_{yj} &= T_t \cos \beta + T_b \sin \beta \\
 N_{yj} &= T_t \sin \beta \cos \gamma + T_n \sin \gamma - T_b \cos \beta \cos \gamma \\
 N_{zj} &= -T_t \sin \beta \sin \gamma + T_n \cos \gamma + T_b \cos \beta \sin \gamma \\
 M_{yj} &= P_b \sin \beta + P_t \cos \beta + (T_t \sin \beta - T_b \cos \beta) \cdot r \\
 M_{zj} &= -P_b \cos \beta \cos \gamma + P_t \sin \beta \cos \gamma + P_n \sin \gamma - \\
 &\quad - (T_b \sin \beta + T_t \cos \beta) r \cos \gamma \\
 M_{zj} &= P_b \cos \beta \sin \gamma + P_n \cos \beta + P_t \sin \beta \sin \gamma + \\
 &\quad + (T_b \sin \beta + T_t \cos \beta) r \sin \gamma.
 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

знать величину необходимой деформации для точек упругой и пластической зон деформации в сечении проволоки пряди (каната). Таким образом, необходимая деформация (12) при преформации в точках упругой зоны и деформация (13) в точках зоны пластических деформаций в поперечном сечении проволоки каната определялась по следующим зависимостям:

$$\left. \begin{aligned}
 \varepsilon_{np} &= \varepsilon_{ocm} + \varepsilon_p, \\
 \varepsilon_{ост} &= \varepsilon_T, \\
 \varepsilon_p &= \varepsilon_T + \frac{\varepsilon_T}{\lambda - 1}
 \end{aligned} \right\} \quad (12) \qquad \left. \begin{aligned}
 \varepsilon_{np} &= \varepsilon_{ocm} + \varepsilon_p, \\
 \varepsilon_{ост} &= \varepsilon_k, \\
 \varepsilon_p &= \varepsilon_T + \frac{\varepsilon_k}{\lambda - 1}
 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Полученные соотношения позволяют решать задачу нахождения деформаций в проволоках, прядях и канате по известным значениям внешней нагрузки.

В третьем разделе, «Расчет рациональных технологических параметров свивки спиральных канатов», диссертации приведены алгоритмы расчета НДС проволок спирального каната (пряди), позволяющие проводить расчет геометрических и силовых технологических параметров свивки канатов по технологиям без учета и с учетом преформации, а также с учетом подкрутки проволок каната. В данном разделе также, приведены исследования характера распределения зон деформаций в сечении проволок спирального каната. При свивке спирального каната без преформации и с применением открутки, когда влиянием кручения можно пренебречь зона упругих

деформаций имеет вид полосы, ширина которой в большей степени зависит от величины угла свивки пряди. В случае свивки прядей без открутки зона упругих деформаций имеет форму эллипса. При увеличении коэффициента кратности свивки зоны упругих деформаций увеличиваются до 30-42% в случае свивки с откруткой и 7-10% от сечения проволок при свивке без открутки. Напряжения в зонах деформаций в проволоках спирального каната определялись в соответствии с формулами 1-3.

При свивке спирального каната с учетом преформации необходимо знать рациональное значение кривизны преформации χ_{np} . Процесс вычисления рационального значения кривизны преформации продолжается, пока значение остаточной кривизны ($\chi_{np} - \Delta\chi$) проволоки не будет равно кинематическому значению кривизны проволоки в готовом канате $\chi = \sin^2 \alpha / r_1$. Что соответствует минимуму функции изменения кривизны осевой линии проволоки каната (14):

$$\Delta\chi = -\frac{M_{max}}{EI} \quad (14)$$

С другой стороны данную функцию можно определить как функцию многих переменных, $\Delta\chi = F(E, \sigma_m, D, m, K, h, \chi_{np})$ зависящую от физико-механических свойств материала канатной проволоки, диаметра каната, коэффициента кратности свивки каната, кривизны преформации проволоки.

Как показали проведенные расчеты НДС, соответствующие оптимальному значению кривизны преформации χ_{np} проволоки соответствует такое напряженное состояние спирального каната (пряди), при котором зона разгрузки из пластической зоны, занимает максимальную часть поперечного сечения проволоки пряди. Такое распределение напряжений в сечении проволоки является более равномерным и соответствует минимальному значению момента упругой отдачи в сечении пряди.

При исследовании НДС проволок канатов свитых с учетом преформации считали, что проволоки или пряди не будут равноправны в силовом отношении. Поэтому кроме контактной силы f_n на винтовой элемент каната будет действовать тангенциальная нагрузка f_b . Преформация проволоки (пряди) сопровождается изменением параметров свивки каната и компонента ω_n угловой скорости ω вращения триэдра (b, n, t) будет отлична от нуля. Учитывая, при этом, что натяжение проволоки, угол преформации проволоки (пряди) в преформаторе, изгибающие моменты M_b, M_n постоянны решение систем уравнений (8-9) примут вид

$$\left. \begin{aligned} N_b &= \omega_b M_t - \omega_t M_b; \\ N_n &= \omega_n M_t - \omega_t M_n; \\ f_b &= \omega_n N_t + \omega_t N_n; \\ f_n &= \omega_b N_b - \omega_t N_t, \end{aligned} \right\} \text{ где}$$

$$\left. \begin{aligned} \omega_t &= \frac{\sin \alpha_1 \cos \alpha_1}{r_1} + \chi_{np} \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 \cos \varphi; \\ \omega_n &= \chi_{np} \cos \alpha_1 \sin \varphi - \frac{d\alpha_1}{ds}; \\ \omega_b &= \frac{\sin^2 \alpha_1}{r_1} - \chi_{np} \cos^2 \alpha_1 \cos \varphi. \end{aligned} \right\}$$

Для проволок спирального каната плоскости преформации, дополнительной и суммарной деформации совпадают. Но смещение нейтральных линий друг относительно друга в плоскости преформации, дополнительной и суммарной обуславливает наличие в поперечном сечении проволок пряди зон упругой догрузки и разгрузки, величина, которых также зависит и от величины разности кривизны свивки пряди от оптимального значения кривизны преформации проволок пряди. При этом зона упругой разгрузки занимает около 80% сечения проволок спирального каната (пряди).

В сечении проволок пряди свитой с применением подкрутки проволок число зон возрастает до шести, из которых пять зон упругих деформаций (рис. 1). В этом случае для проволок спирального каната плоскости преформации, дополнительной и суммарной деформации не совпадают. Суммарная площадь зон упругой догрузки 1, пластической разгрузки 2, упругой разгрузки 3 составляет около 20% от зоны упругих деформаций в проволоках пряди, свитой без подкрутки ее проволок. Зона 1 образована за счет несовпадения нейтральных линий первичных и вторичных деформаций в сечении проволоки пряди. И при этом на 60-70% уменьшились ее размеры по отношению к соответствующей зоне в сечении проволоки пряди, изготовленной без дополнительной подкрутки проволок.

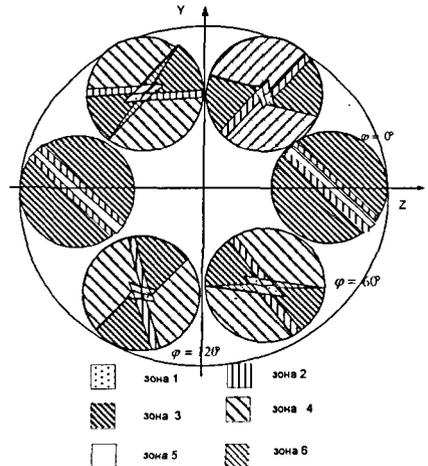


Рис. 1 - Распределение зон упругих и пластических деформаций в сечении пряди свитых с применением подкрутки проволок пряди ($\sigma_T = 1600 \text{ МПа}$).

В разделе 4, «Расчет рациональных технологических параметров свивки канатов двойной свивки», диссертации разработаны следующие алгоритмы: алгоритм расчета рациональных параметров преформации проволок прядей и прядей каната двойной свивки, алгоритмы расчетов остаточных напряжений и усилий в сечении проволок (прядей) канатов, свитых с учетом преформации проволок прядей, прядей каната и подкрутки проволок прядей.

В результате свивки прядей в канат двойной свивки в сечении проволок каната число зон деформаций увеличивалось до шести (рис.2), из которых зоны 1-5 – зоны упругих деформаций, и зона пластических деформаций. Остаточные деформации в сечении проволоки каната двойной свивки представляют собой сумму деформаций от свивки проволок в прядь и деформаций разгрузки (догрузки), которые определялись для каждой зоны отдельно.

В результате свивки прядей в канат двойной свивки в сечении проволок каната число зон деформаций увеличивалось до шести (рис.2), из которых зоны 1-5 – зоны упругих деформаций, и зона пластических деформаций. Остаточные деформации в сечении проволоки каната двойной свивки представляют собой сумму деформаций от свивки проволок в прядь и деформаций разгрузки (догрузки), которые определялись для каждой зоны отдельно.

Среди зон упругих деформаций присутствуют: 1 – зона суммарных упругих деформаций, напряжения в которой определялись на основе сложения деформаций; 2, 3 – зоны соответственно упругой и пластической догрузки; 4, 5 – зоны разгрузок. Размеры зон разгрузки в большей степени определяются величиной угла между плоскостями дополнительного изгиба и суммарной деформации. При увеличении данного угла увеличивается и доля зон разгрузки в зоне упругих деформаций. Увеличению доли зон упругих деформаций в сечении проволок каната способствует, и увеличение значений предела текучести материала проволок пряди (каната). В результате исследования НДС элементов каната двойной свивки получили, что с уменьшением значений углов свивки пряди (каната) или с увеличением значений коэффициента кратности свивки пряди (каната) увеличиваются значения внутренних и внешних усилий в сечении проволок пряди (каната). Усилия в сечении

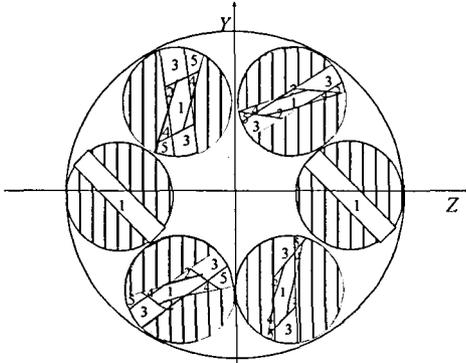


Рис. 2 - Распределение зон упругих и пластических деформаций в сечении каната двойной кривизны с $K_{\text{пр}}=9$, $K_{\text{к}}=7$, 2000 МПа
1-зона упругой деформации;
2,3 - зоны упругой и пластической догрузки;
4, 5 - зоны разгрузок.

▨ Зона пластических деформаций

проволок канатов определялись из совместного решения уравнений (7-9) раздела 2. С учетом введенных ограничений и допущений уравнения (8-9) примут вид:

$$\left. \begin{aligned} w_r N_b - w_b N_r &= -f_n \\ w_r M_b - w_b M_r &= -N_b \end{aligned} \right\}, \text{ где } w_r = \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{r_i}; \quad w_b = \frac{\sin^2 \alpha}{r_i}.$$

Значения изгибающего момента в проволоках прядей (каната), отличающихся значениями технологических параметров изменяются в пределах 3-5%, а значения изгибающего момента M_b при изменении предела текучести (1600-2000)МПа материала проволок изменяются в пределах 28-30%. При изменении коэффициента кратности свивки прядей $K_{\text{к}}=7-6.5$ момент упругой отдачи в сечении каната двойной свивки уменьшается на 33-35%. Изменения момента упругой отдачи в сечении каната в зависимости от предела текучести материала проволок каната составляет 55-60%. Из проведенных теоретических исследований следует, что в канатах свитых с укороченными шагами и с минимальным различием значений коэффициентов свивок, усилия в сечениях проволок, прядей, каната распределяется наиболее равномерно.

При свивке каната двойной свивки с учетом преформации необходимо задать рациональное значение кривизны преформации прядей. Процесс вычисления рационального значения кривизны преформации прядей продолжается, пока значение остаточной кривизны проволоки не будет соответствовать кинематическому значению кривизны пряди в готовом канате. Что соответствует минимуму функции изменения кривизны пряди в канате (15):

$$\Delta\chi = -\frac{M_{\text{тев}}}{\sum EI} \quad (15)$$

Для оптимизации значения величины $\chi_{\text{лр}}$ кривизны преформации проволоки пряди или проволоки каната двойной свивки с учетом приведенного алгоритма в разделе 3, также необходимо знать интервал изменения угла γ между плоскостями первичного и суммарного изгиба, который определялся из условия, что $|\chi_{\text{лр}}| > \chi_k$. Задача оптимизации состоит в том, чтобы для не-

которого значения угла γ определить такое значение кривизны $\chi_{\text{лр}}$ преформации и соответственно такую исходную деформацию изгиба, чтобы при разгрузке кривизна элементов каната должна быть равна кинематической кривизне элементов в канате. Таким образом, задавая различные значения угла γ и определив соответствующие значение кривизны преформации проволоки (пряди) в преформаторе, а также суммарную дополнительную и полную кривизну в зонах деформаций в соответствии с формулами (6), с учетом (3, 4), с учетом того, что $\chi = \left(\chi_{\text{лр}} - \frac{\sin^2 \beta}{r_3} \right)$ - каната двойной свивки,

решали задачу оптимизации значений кривизны преформации проволок (прядей). Как показали проведенные расчеты НДС соответствующие оптимальному значению кривизны преформации $\chi_{\text{лр}}$ прядей каната двойной свивки зоны упругих деформаций занимают минимально возможную часть поперечного сечения проволоки каната, что приводит к минимизации значения момента упругой отдачи в сечении каната (рис.2). Если плоскости преформации проволок, дополнительной деформации и суммарной совпадают для проволок спирального каната, то в случае преформации прядей канатов двойной свивки данные плоскости не совпадают для большинства проволок прядей. При свивке каната двойной свивки с учетом преформации проволок прядей в сечении проволоки кроме зоны пластических деформаций присутствуют еще три зоны упругих деформаций: 1- зона упругой догрузки, являющаяся результатом наложения на соответствующую зону в плоскости свивки пряди вторичных упругих деформаций; 2-зона пластической разгрузки являющаяся результатом наложения соответствующую зону вторичных упругих деформаций; 3- зона упругой разгрузки, образованная наложением на зону упругой разгрузки 3 в плоскости свивки пряди пластических вторичных деформаций противоположных знаков (рис.3). Доля зон упругих деформаций в сечении составляет 8-10% от сечения проволок каната. При изменении предела текучести в пределах 1600-2000 МПа

изменение зон упругих деформаций в сечении проволок составляло около 2%.

На рис. 4 представлено распределение зон деформаций в проволоках

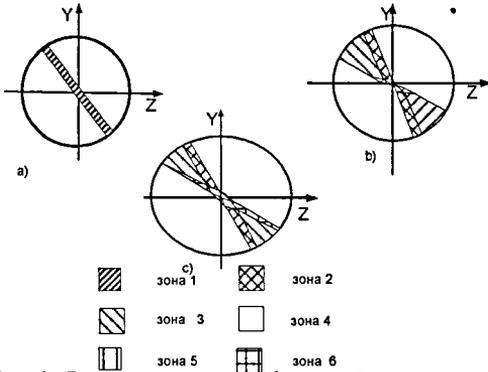


Рис. 4 - Распределение зон деформаций в сечениях проволок пряди каната:
 а) проволока №1 ($\varphi = 0^\circ$) б) проволока №2 ($\varphi = 60^\circ$)
 с) проволока №3 ($\varphi = 120^\circ$)

каната двойной свивки, свитого по технологии с учетом подкрутки проволок прядей и преформацией прядей каната двойной свивки. Как видно из рис. 4, в сечениях проволок присутствует максимально шесть зон деформаций (проволока №3 ($\varphi=120^\circ$)), а в проволоке №1 ($\varphi=0^\circ$) – всего две зоны деформаций- зона суммарных упругих деформаций и зона пластических деформаций. Зона упругих деформаций составляет в сред-

нем 10-20% сечения проволоки каната

В основе расчета НДС проволок канатов при свивке с преформацией прядей лежат зависимости (1-3) из раздела 2. На рис. 5 показано распределение зон деформаций в проволоках каната двойной свивки со следующими значениями технологических параметров: $K_{пр}=8$, $K_k=6.5$, $D_k=20$ мм, маркировочная группа – 1600 МПа. Если в данном случае в проволоках пряди зона упругих деформаций имеет вид полосы, то, как видно

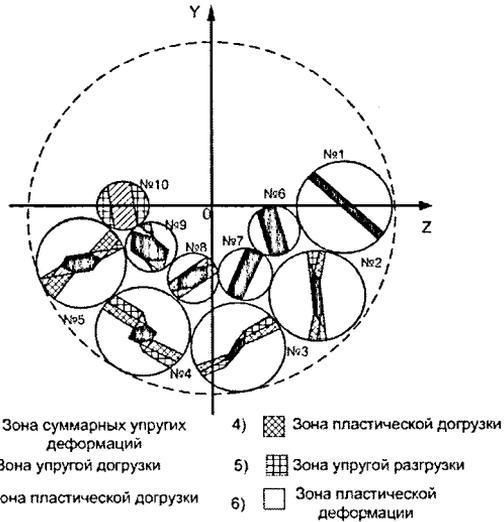


Рис.5 – Распределение зон деформаций в сечении пряди каната двойной свивки

из рис. 5 в сечении проволок каната двойной свивки число зон увеличивается до шести (проволоки №4, 5 наружного слоя): 1- зона суммарных упругих деформаций, 2- зона упругой догрузки, которая образуется при нало-

жении зон упругих деформации относительно плоскостей первичного и вторичного изгиба - разных знаков, 3- зона пластической догрузки, образованная наложением пластических деформаций относительно плоскостей вторичного изгиба и упругих деформации относительно плоскости первичного изгиба - противоположных знаков, 4- зона пластической разгрузки, образованная наложением на зону пластических деформации относительно плоскостей первичного изгиба упругих деформаций противоположного знака относительно плоскости вторичного изгиба, 5- зона упругой разгрузки, 6- зона пластических деформаций. Из проведенного анализа распределения зон деформаций следует, что уменьшение разности значений коэффициентов кратностей свивок проволок и прядей, а также значений маркировочной группы способствует уменьшению зон упругих деформаций и способствует наиболее равномерному распределению усилий в сечении проволок каната. На рисунке 6 представлено изменение значений момента упругой отдачи в сечении каната двойной свивки, в случае их свивки с преформированными проволоками прядей и из не преформированных проволок, в процессе поиска рационального значения кривизны преформации прядей каната соответствует минимальному значению $|M_{упр}|$.

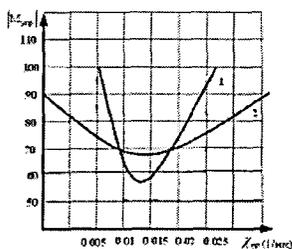


Рис 6 Зависимость момента упругой отдачи от коэффициента преформации прядей:
1-прядь с преформированными проволоками;
2-прядь без преформированных проволок.

Сравнительный анализ величин остаточных осевых усилий в сечении проволок спиральных канатов, крутящего технологического момента в пряди, изгибающего момента в сечениях проволок прядей свитых как с применением, так и без преформации проволок пряди позволил установить, что степень нейтрализации величин остаточных осевых усилий составляет в среднем 70-80%, крутящего технологического момента в пряди - 40-58%, изгибающего момента в сечениях проволок прядей соответственно составляет 20-30%.

Для каната двойной свивки степень нейтрализации осевого усилия N_x составляет около 70% и крутящего момента M_x - 55% при значении $\sigma_T = 1,6$ ГПа. Проведенные исследования показали, что с увеличением значения предела текучести величина степени нейтрализации мало изменяется и с увеличением значения коэффициента свивки прядей в канат степень нейтрализации усилий изменяется почти на 20%. Степень нейтрализации усилий в сечении канатов уменьшаются в среднем на 20-25% при изготовлении канатов без учета преформации проволок.

В пятом разделе, «Технологические параметры настройки преформатора канатовьюющей машины», обоснован выбор расчетной схемы преформатора для расчета основных параметров его настройки. Проведен расчет, и анализ силовых характеристик процесса преформации проволок, прядей каната. Величина деформации проволок и прядей регулируется изменением расстояния S между крайними роликами и величиной смещения h среднего ролика относительно линии центров крайних роликов. В наших расчетах проволока (прясть) рассматривалась, как балка на трех опорах с заданной кривизной $\chi_{лр}$ на средней опоре и величина отклонения оси среднего ролика нами принята $h < 0$. Кривизну $\chi_{лр}$ определяли в соответствии с алгоритмами расчета оптимального значения кривизны преформации $\chi_{лр}$ проволок (прядей), которые приведены в разделе 4 для различных технологий свивки спирального каната и каната двойной свивки с учетом преформации. Заданная кривизна должна обеспечить при свивке в прядь (канат) остаточную кривизну в зоне пластических χ_k , равную кривизне проволоки в канате (пряди) и в зоне упругих деформаций остаточная деформация должна соответствовать пределу текучести ϵ_T . Задача состояла в том, чтобы при заданном значении S , диаметра ролика в зависимости от конструкции пряди (каната), от их размеров, кратности свивки, предела прочности составляющих канат проволок определить неизвестную величину смещения h среднего ролика относительно линии центров крайних роликов. Как известно, для сохранения цикла преформации в точках контакта ролика и проволоки (пряди) следует, чтобы длина S преформируемой проволоки (пряди) была равна длине пряди, идущей на построение одного шага свивки каната. На канатных заводах расстояние S между крайними роликами принимается на 4-6% меньше шага свивки каната. Стрелу прогиба f элемента каната определяли согласно выражению $f = D + d \pm h$.

С другой стороны необходимой величину прогиба f проволоки (пряди) в преформаторе определяет оптимальное значение кривизны преформации в соответствии с выражением $f = 1/\chi_{лр}$. Для удобства определения параметров настройки преформатора в зависимости от стрелы прогиба f проволоки (пряди) на канатных заводах используют коэффициент $K_n = \frac{f}{d_r}$. На изменение данного коэффициента настройки преформатора K_n существенно влияет изменение кратности свивки прядей в канат и практически не влияет изменение кратности свивки проволок в прядь. Значения диаметра роликов брали из интервала $d \leq D_p \leq 3d$.

Усилие вытяжки проволок, прядей определяли согласно выражению $T = T_0 + 2\mu P + \Delta T$, где T_0 - натяжение проволоки (пряди) на входе в деформатор, при этом $P = 4M_b/S$ - давление проволоки (пряди) на ролик, которое принимали равными на всех опорах, μ - приведенный коэффициент трения, равный $\mu = 0.1$, $\Delta T = \chi_k M_b$ - дополнительное усилие за счет работы пластической деформации изгиба проволоки (пряди). Величину изгибающего момента M_b проволоки (пряди) в преформаторе определяли в соответствии с

алгоритмом расчета НДС элементов каната при его свивке с учетом преформации, приведенного в разделе 4. Как показали вычисления, достаточно пяти итераций для получения достоверных значений.

Проведенные исследования показали, что с уменьшением коэффициента кратности свивки проволок в прядь величина вытяжки преформируемых проволок уменьшается (2-3%) (рис. 7). Изменение предела текучести материала проволок способствует незначительному изменению усилий вытяжки проволок (13%) (рис.6) и давления проволок на ролик в преформаторе (4%). Зависимость силы вытяжки T от величины прогиба f пряди в преформаторе,

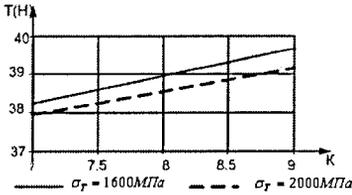


Рис. 7 - Графики изменения усилий вытяжки в зависимости от кратности свивки проволок в прядь.

практически линейная, согласно которой небольшое увеличение значения коэффициента свивки прядей в канат двойной кривизны соответствует увеличению силы вытяжки пряди в среднем на 20%.

Из анализа НДС проволок каната двойной свивки для различных маркировочных групп (1200-2000) МПа, следует, что при этом происходит незначительное увеличение величины

кривизны пряди в преформаторе. Уменьшению значений сил вытяжки на 30-40% способствует применение таких технологических операций как преформация проволок пряди, дополнительная подкрутка проволок. На изменение коэффициента K_p практически не влияет изменение коэффициента кратности свивки проволок в прядь в отличие от изменений коэффициента свивки прядей в канат.

После проведения теоретических исследований разработанной математической модели напряженно-деформированного состояния каната при свивке на ООО «ВолгоМетиз» была проведена экспериментальная проверка достоверности полученных теоретических результатов исследований. Для этого была разработана установка, для определения кручения готового каната. Схема установки показана на рисунке 8. Экспериментальная

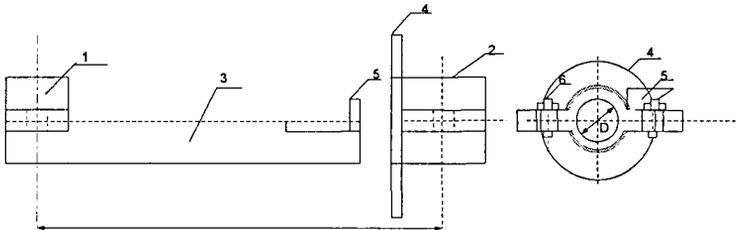


Рис. 8 Схема экспериментальной установки

установка состоит из зажима 1, закрепленного на трубе 3 и зажима 2 с лимбом 4 и стрелкой 5, устанавливаемого непосредственного на канате. Лимб имел шкалу с ценой деления в 1° . Расстояние между зажимами равно удво-

енному шагу свивки каната. Зажимы на канате фиксировались болтами соединения 6 и 7. Программа экспериментальных исследований включала настройку технологических параметров преформатора, проведенного в соответствии с разделами 2, 4, 5 и последующее определение остаточных деформаций после свивки каната. Одновременно были проведены испытания каната изготовленного с учетом заводской методики настройки преформатора. Эксперименты были проведены для канатов двойной свивки изготовленных по ГОСТам 3077-80, 3069-80, диаметры которых изменяются в пределах 25-35 мм и технологии с учетом преформации прядей. После свивки каната на нем устанавливалась экспериментальная установка (рисунок 9) и каната обрезался после обжимных плашек. При наличии в канате остаточного крутящего момента упругой отдачи он поворачивается относительно зажимов 1 и 2 (рисунок 8) и стрелка указывает величину угла поворота. Результаты

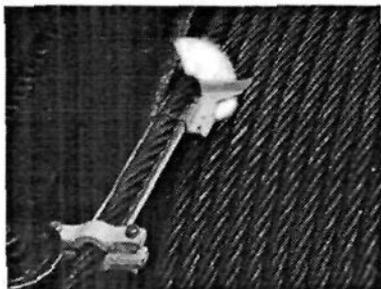


Рис 9 Общий вид установки.

Таблица 1 Значения прогиба пряди в преформаторе, в зависимости от ГОСТа.

σ_m (ГПа)	f (завод.)		f (расчет.)	
	3077-80	3069-80	3077-80	3069-80
1.6	1.4 D	1.6 D	1.62 D	1.85 D
2.0	1.84 D	2 D	1.9 D	2.1 D

ли угол поворота - 3°. Кроме того, исследуемые канаты характеризовались неизменностью величины шага свивки в процессе их изготовления, который измеряли с помощью штангенциркуля. Технологические и конструктивные параметры (таблица 1) рассчитаны в соответствии с приведенными методиками в разделах 2,3,4. Таким образом, разработанный метод расчета напряженно-деформированного состояния проволок каната позволяет выбрать рациональные технологические параметры свивки каната и настройки преформатора. Таким образом, разработанный метод расчета напряженно-деформированного состояния проволок каната позволяет выбрать рациональные технологические параметры свивки каната и настройки преформатора. Результаты экспериментальных исследований хорошо согласуются с теоретически полученными значениями параметров настройки преформатора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная в диссертационной работе цель разработки метода расчета технологических параметров свивки каната на основе комплексной ма-

испытаний показали, что после обрезки каната угол поворота его относительно осевой линии был соизмерим с точностью шкалы. Канаты, изготовленные по заводской методике настройки преформатора имели

тематической модели, с последующей выработкой практических рекомендаций по настройке преформаторов проволок (прядей) канатов достигнута.

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Разработана математическая модель напряженно-деформированного состояния каната, позволяющая моделировать процесс свивки с выбором оптимальных внутренних усилий и деформаций в проволоках.
2. Разработаны алгоритм и программа расчета напряженно-деформированного состояния проволок спирального каната, позволяющие проводить расчеты геометрических и силовых технологических параметров свивки.
3. Разработаны алгоритм и программа расчета НДС проволок канатов двойной свивки, позволяющие проводить расчеты геометрических и силовых технологических параметров свивки.
4. Уменьшение значений предела текучести материала проволок пряжи (каната) способствует уменьшению зон упругих деформаций в сечении проволок (прядей). Снижению внешних нагрузок, величины момента упругой отдачи в сечении каната способствует уменьшение значений коэффициентов кратности свивок проволок в прядь и прядей в канат.
5. Разработан алгоритм расчета остаточных напряжений в сечении проволок и прядей каната, позволяющий определять соответствующие рациональным параметрам свивки внутренние и внешние силовые факторы.
6. Разработан алгоритм и программа расчета силовых параметров процессов преформации проволок прядей и прядей каната, позволяющий рассчитывать параметры технологического оборудования на канатных заводах.
7. Установлено, что при свивки прядей с преформацией и последующей подкруткой степень нейтрализации осевых усилий составляет 70-80%, крутящего момента – 50-55%, а изгибающего – 10-25% в проволоках пряжи каната.
8. Величина усилий вытяжки преформируемых прядей каната двойной свивки практически не зависит от изменения предела текучести и коэффициента кратности свивки прядей в канат. Усилие вытяжки преформируемой пряжи с подкруткой каната двойной свивки на 30-40% меньше усилия вытяжки без дополнительного кручения.
9. Параметр настройки преформатора $K_p=f/d$ в большей степени зависит от кратности свивки каната, но не зависит от кратности свивки пряжи.
10. Разработана методика расчета технологических параметров свивки и настройки преформаторов с соответствующим программным обеспечением, позволяющая оптимизировать процесс

формирования канатов исходя из минимизации значений внутренних силовых факторов.

11. Результаты проведенных экспериментальных исследований подтвердили адекватность теоретических исследований напряженно-деформированного состояния проволок каната и методику расчета технологических параметров настройки преформатора.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗЛОЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ АВТОРА:

1. Бреславцева И.В. Современное состояние вопроса изучения напряженно-деформированного состояния проволок каната.// Материалы 49-й научно-практической конференции преп., студ. и аспирантов. ШИ ЮРГТУ, 2000г.-с.23-32.
2. Бреславцева И.В., Рыжиков В.А. Математическая модель и алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния проволок в канате.// Изв. вузов Тульского Государственного Университета. Вып.1,2001 – с. 55-59.
3. Бреславцева И.В., Рыжиков В.А. Алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния проволок в канате при свивке.// Материалы 50-й юбилейной региональной научно-производственной конференции преп., студ. и аспирантов. ШИ ЮРГТУ, 2001г.- с.15-19.
4. Бреславцева И.В., Рыжиков В.А. Математическая модель технологического процесса свивки каната.//Изв. высших уч. заведений Сев.-Кавказ. Регион Техн. Науки. Вып.1, 2001-с.50-54.
5. Бреславцева И.В., Рыжиков В.А. Алгоритм расчета и изменения НДС проволок каната при свивке каната двойной свивки. // Материалы 51-й региональной научно-производственной конференции преп., студ. и аспирантов. ШИ ЮРГТУ, 2002г.-с.10-15.
6. Бреславцева И.В. Расчет НДС состояния проволок каната двойной свивки при его свивке с применением преформации проволок и прядей. // Изв. высших уч. заведений Сев.-Кавказ. Регион Техн. Науки. Спец. Вып.1, 2003-с.74-78.
7. Бреславцева И.В. Алгоритм расчета НДС проволок спирального каната при его свивке с применением преформации проволок. // «Экология, технология и оборудование» Межвузовский сборник научных трудов. Часть 2. Ростов-Дон 2003г.-с.16-18.
8. Бреславцева И.В. Основные результаты исследования математической модели процесса свивки стального каната.// Материалы научно-практической конференции в Воронежском государственном университете, Воронеж, 2005.
9. Бреславцева И.В. Расчет параметров преформатора на основе анализа напряженно-деформированного состояния проволок каната при их свивке.// Сборник тезисов международной научно-технической конференции в БГТУ, Санкт-Петербург, октябрь 2005 г.

Отпечатано в типографии: ИП Бурыхин Б.М.
Заказ №19 от 14.02.2007г. Тираж 100 экз. Объем 1,0 п.л.
Адрес: г. Шахты, Ростовской области, ул. Шевченко-143