

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ

Быкова О.В. – студент, Баранов А.В.- к.т.н., доцент, Тарасевич С.В. к.т.н.  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время при использовании кинематических пар в механизмах машин наиболее используемыми являются пары материалов сталь-сталь, смазываемые различными смазочными композициями. Структура и состав поверхностных слоев элементов трения при этом в процессе приработки не остаются постоянными. Материал приспособляется к режимам и условиям трения, претерпевая, значительные структурные изменения поверхностного слоя. При этом тонкий фрикционный слой материала приобретает определенные свойства, связанные с резким повышением его физической и химической активности.

В основе нашего метода исследований процессов трения и изнашивания был выбран метод послойного Оже-электронного анализа поверхности со снятием материала на глубину с помощью потока  $\alpha$  – частиц. Исследования выполнялись в лаборатории прочности ФТИ им. Иофе А.Ф. на установке LH-10 (LTYBOLD HERATUS).

Сравнительному исследованию подверглись образцы поверхностей пары трения сталь 45 + сталь 45 ( $H = 240HV$ ,  $V = 0,2$  м/с,  $P = 0,5$  МПа), смазочная среда – инактивный материал Литол 24.

На рисунке 1 представлены зависимости атомной концентрации ( $C_x$ ) основных химических элементов исходной поверхности одного из элементов пары, подвергшейся шлифованию, в функции глубины подповерхностного исследования ( $H$ ). На рисунке 2 – результаты тех же исследований полностью приработанной поверхности.

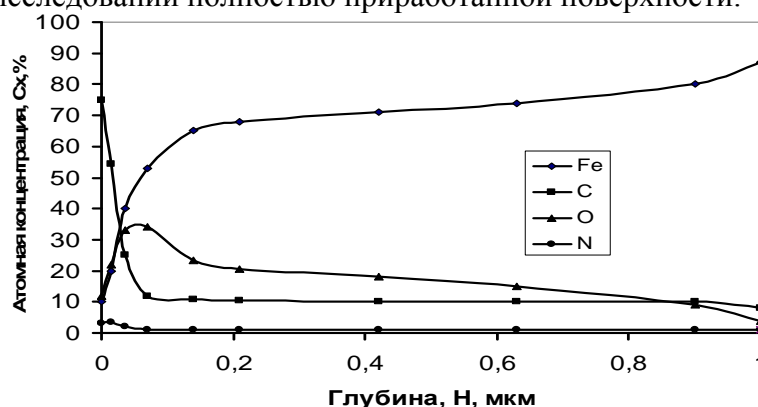


Рисунок 1 - Химический состав исходных поверхностей

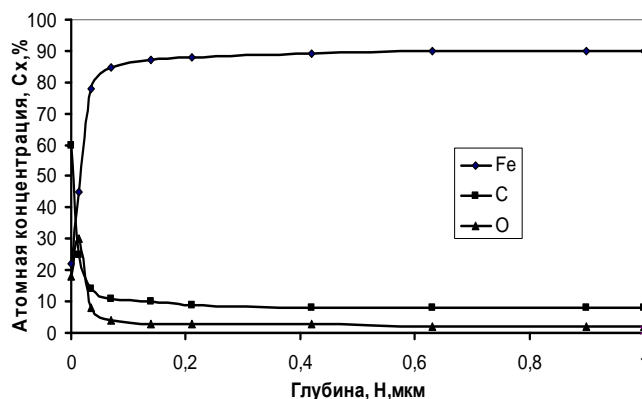


Рисунок 2 - Химический состав поверхностей после приработки

В результате эксперимента и анализа данных, нами были сделаны следующие выводы:

- Трение резко повышает физическую и химическую активность поверхностей.

- На относительно большую глубину проникает кислород, модифицируя поверхность окислами железа нестехиометрического состава с недостатком по кислороду типа  $FeO_{0,3}$  с относительно четкой границей раздела слоя основного материала и модифицированного «третьего тела».
- Наличие модифицированного механически ослабленного регенерируемого окисного подслоя предполагает реализацию в данных условиях механохимического окислительного изнашивания с автовосстановлением третьего тела.
- Объектом разрушения при трении разумно считать частицы этого ослабленного слоя, или более верхних, еще менее прочных, что соответствует выполнению условия внешнего трения.

### АДАПТАЦИЯ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

Котыхов М.М. - студент, Вагнер В.А. д.т.н., профессор, Верещагина Л.В. к.т.н., доцент,  
Блеем А.Г. к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В производственно-хозяйственной деятельности работники современного предприятия ежедневно сталкиваются с проблемами, которые требуют от них высоких профессиональных навыков, выработки определенной линии поведения и даже пересмотра жизненных ценностей.

Успешность адаптации персонала зависит от целого ряда факторов.

Таблица 1 – Факторы, влияющие на адаптацию работников на предприятии

Факторы	Характеристика факторов
1. Профессиональные	Сложность, масштабность, престижность труда и перспективность
2. Организационно-управленческие	Элементы организационной структуры управления
3. Социально-гигиенические	Условия труда, его охрана и техника безопасности
4. Экономические	Система оплаты труда, система мотивации персонала относительно результативности труда
5. Социально-психологические	Микроклимат и корпоративная культура
6. Личностные	Половозрастные группы, уровень образования и ценностные ориентации

Суммарный показатель удовлетворенности работника ( $I_{уд}$ ) определяется по формуле:

$$I_{уд} = \frac{1.0n_1 + 0.5n_2 + (-0.5)n_3 + (-1.0)n_4}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4}, \quad (1)$$

где  $n_1, n_2, n_3, n_4$  - количество респондентов по каждому варианту ответов по шкале удовлетворенности:

- при индексе удовлетворенности от +1.0 до 0.6 баллов – высокий уровень адаптированности работников на предприятии;

- от +0.5 до +0.2 – средний уровень адаптированности;
- менее +0.19 – низкий уровень адаптированности.

Нами было опрошено 80 респондентов, средний возраст опрошенных – 45 лет! Опрос проводился на бланковой основе. Исследованию подвергались показатели таблицы 2 «Пример анкеты степени удовлетворенности работников окружающей их средой». Каждый респондент отвечал на 10 вопросов с целью определения глубины его адаптированности на предприятии.

Таблица 2 – «Пример анкеты степени удовлетворенности работников окружающей их средой»

Вопрос анкеты	Совершенно удовлетворен (+1.0)	Удовлетворен (0.5)	Затрудняюсь ответить (0.0)	Неудовлетворен (-0.5)	Совершенно неудовлетворен (-1.0)
1. Удовлетворены ли Вы содержанием труда?	2	2	-	1	2
2. Видите ли Вы перспективу должностного продвижения?	2	3	-	1	2
3. Удовлетворены ли Вы, в целом, занимаемой должностью?	1	1	-	1	2
4. Удовлетворены ли Вы заработной платой?	1	1	-	1	2
5. Удовлетворены ли Вы организацией труда?	1	1	-	1	2
6. Удовлетворены ли Вы отношением к Вам руководством?	2	2	-	1	1
7. Удовлетворены ли Вы отношениями с коллективом?	3	3	-	1	1
8. Защищены ли Вы социально?	1	2	-	5	6
9. Сохранена ли Ваша индивидуальность?	1	3	-	3	1
10. Удовлетворены ли Вы системой вознаграждения за труд?	1	2	-	5	6

После обработки анкет нами был рассчитан суммарный показатель удовлетворенности по формуле 1:

$$I_{уд} = \frac{1.0 * 15 + 0.5 * 20 + (-0.5) * 20 + (-1.0) * 25}{15 + 20 + 20 + 25} = -0.1$$

Показатель удовлетворенности -0.1 говорит о низком уровне адаптированности работников в системе управления исследуемого предприятия.

Таким образом, мы видим, что наличие в штате Центра кадрового менеджмента должности психолога необходима. Психолог должен обязательно заниматься процессами адаптации: организация и контроль за уровнем адаптированности каждого в структурном подразделении и отдельном рабочем месте, сбор и обработка информации о полученных результатах с целью разработки методических рекомендаций по вопросам адаптации персонала и наставничеству.

Литература:

1. Бершова Л.В. Адаптация работников в новых условиях//Справочник кадровика. – 2001. - №6. –С.105-110.

### СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ФИЛЬЕР ДЛЯ МАКАРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Невесенко Е.Е. - студент, Сотниченко А.Д. - студент,  
Кистенев Г.В. - инженер, Цыбочкин С.Г - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время макаронная отрасль России состоит из оборудования иностранного производства, в основном итальянского, где на конечной операции, получении из тестовой массы макаронных изделий, используют дорогостоящие матрицы, сложные в изготовлении и обладающие не большим ресурсом, всего в пределах 500 часов непрерывной работы.

Фактически матрицы являются расходным материалом в макаронном производстве и требуют постоянного обновления. Но обновляется не корпус матрицы (он изготавливается из бронзы и достаточно долговечен), а вставки в матрицу, так называемые фильеры.

Фильеры импортного производства имеют сложную конструкцию:

- это сборная бронзовая или латунная арматура, позволяющая выдерживать давление до 18 МПа;

- внутри арматуры расположены система формирующих каналов и один или более фторопластовый вкладыш таким образом, что при прохождении формирующих каналов тесто последние 3 – 5 мм поступательного движения (в зависимости от формата) контактирует только с фторопластом.

Прилипание теста к стенкам формирующего канала матрицы является основной причиной образования шероховатой поверхности отформованных макаронных изделий: прилипший пограничный слой теста остается неподвижным, второй слой отрывается от него с образованием надрывов и трещинок, придающих поверхности выпрессовываемых изделий шероховатость.

Для устранения прилипания макаронного теста, формирующие каналы матриц в современных конструкциях фильер изготавливают из материала, к которому тесто не прилипает. Таким материалом служит пластмасса - тефлон (отечественный аналог — фторопласт-4). В силу низкой прочности тефлона изготавливать матрицы целиком из него нельзя, поэтому используют различные варианты установки тефлоновых вставок в формирующие каналы металлических матриц.

При формировании теста через матрицы с тефлоновыми вставками макаронные изделия во всех случаях имеют гладкую, лощеную поверхность независимо от качества муки,

влажности и температуры теста. Получение шероховатых изделий, при выпрессовывания через такие матрицы, свидетельствует об износе тефлоновых вставок и, следовательно, о необходимости их замены.

При замене вставок удаляется и выбрасывается вся фильера, включая бронзовую или латунную арматуру и собственно фторопластовую вставку, так как фильеры импортного производства являются неразборными, и, по сути, разовыми.

Кроме того, эти фильеры обладают еще одним существенным недостатком, обусловленным свойствами используемого для их изготовления материала – фторопласта. Фторопластовые вкладыши для фильер изготавливают только механической обработкой, используя дорогостоящее специальное оборудование.

При производстве фильер размерные допуски колеблются в пределах 3-5 мкм и, в некоторых случаях, требуются фрезы диаметром 0,7 мм и обороты шпинделя до 40000 об/мин. Кроме того, производство фильер для изготовления таких макаронных изделий, как, например, рожки, макароны, ригатоны, с фторопластовыми вкладышами, смонтированными на защитном диске посредством крепежного элемента, требует дополнительных трудозатрат на изготовление крепежного элемента, сверление отверстий в защитном диске под этот крепежный элемент, механическую обработку фторопластовых вкладышей.

Изменить и упростить технологию изготовления фильер, и тем самым значительно снизить себестоимость их изготовления, а, следовательно, и себестоимость макаронных изделий можно, если использовать термопластический полимер нового состава вместо фторопласта.

Снижение трудоемкости и повышение экономичности изготовления фильер в этом случае достигается за счет возможности термопластического формования с небольшим прогнозируемым усадочным коэффициентом в прессформах без использования механической обработки вкладышей. У фильер для изготовления макаронных изделий трубчатых форматов, снабженных центральными стержнями, отпадает необходимость сборки и запрессовки крепежного элемента в защитный диск, так как защитный диск изготавливается в этом случае с проточкой на его стержневой части, и в соответствующей прессформе формируется в эту проточку вкладыш в виде кольца.

Уменьшение эксплуатационных затрат обеспечивается возможностью замены полимерных вкладышей, так как при необходимости они легко удаляются из арматуры и заменяются такими же из термопластически формируемой композиции.

### ЗАДАЧА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗНОСА СОПРЯЖЕНИЙ

Радченко Д.В. – студент, Баранов А.В.- к.т.н., доцент, Тарасевич С.В. к.т.н.  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Задача определения износа сопряжений, а тем более динамики этого процесса, представляется сложной задачей, требующей больших затрат времени, средств и весьма трудоемка. Наиболее употребительные из существующих методов определения износа отличаются относительно невысокой чувствительностью, что для достаточно уверенной регистрации скорости изнашивания требуется наработка 500 - 1000 часов, а в некоторых случаях - несколько лет.

Нами был разработан весьма чувствительный метод оценки механохимического износа, способный за несколько минут оценить его скорость при интенсивности изнашивания  $10^{-12}$ . Сущность этого метода основана на существовании динамического равновесия в образовании и разрушении вторичных структур при установившемся режиме.

Определив скорость расхода кислорода воздуха сопряжением, зная при этом стехиометрический состав окислов, можно определить скорость изнашивания.

Схема лабораторной установки для исследования расхода воздуха по мере работы сопряжения приведена на рисунке 1.

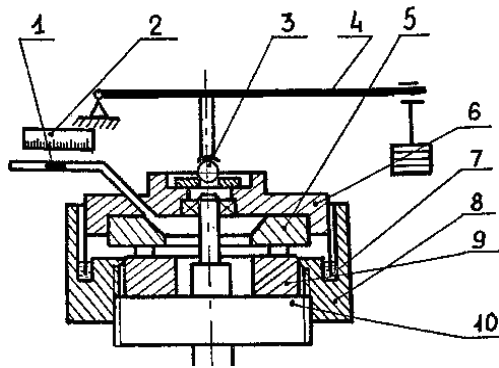


Рисунок 1 - Устройство для измерения расхода воздуха. 1- капля жидкости; 2 – расходомерная шкала; 3 – шаровая опора; 4 – рычаг; 5, 9 – образцы; 6 – оправка; 7 – гидравлический затвор; 8 – прижимная гайка; 10 – шпindelь

Указанный метод обладает рядом существенных недостатков, ограничивающим область его применения лишь в лабораторных условиях, однако более чувствительный и оперативный метод исследований износа материалов пар трения нам не известен.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ТОНКИХ СТАЛЬНЫХ ПЛАСТИН

Кочнев С.А. – студент, Звездаков В.П. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Известно, что модуль упругости стали  $E$  характеризует сопротивляемость металла упругой деформации при растяжении. Но даже для одного и того же материала модуль упругости не является постоянной величиной, а несколько колеблется. Числовое значение модуля упругости сталей обычно определяют опытным путем – путем разрыва стандартного образца на разрывной машине. Однако, в некоторых случаях таким классическим способом воспользоваться не представляется возможным из-за малых размеров имеющихся изделий из стали. Например, для тонких листовых пружин с сечением  $0,25 \times 5$  мм и небольшой длины /40 ... 60 мм/ метод разрыва применить нельзя.

В этом случае предлагается использовать другой метод. Тонкая листовая пластина закрепляется консольно на виброплощадке, частота колебаний которой точно известна /частота вынуждающей силы/. Длина консоли пластины регулируется /методика изменения длины пластины здесь не рассматривается/ так, чтобы добиться явления резонанса. Тогда, зная длину пластины, ее поперечные размеры /толщина и ширина/ и частоту колебаний виброплощадки, можно воспользоваться известной из теории колебаний зависимостью:

$$f_n = \frac{\lambda}{2\pi l^2} \cdot \sqrt{\frac{EJg}{\rho F}},$$

где  $f_n$  - частота колебаний, Гц;

$\lambda$  - коэффициент, при  $n=1$ ,  $\lambda=3,52$ ;

$n$  – коэффициент формы колебаний;

$l$  – длина пластины;

$J$  – момент инерции поперечного сечения пластины;

$\rho$  - плотность материала;

$F$  – площадь поперечного сечения пластины.

Решая уравнения относительно  $E$  и подставляя все известные величины, получим числовую величину  $E$  для очень небольших и тонких образцов.

Метод удобно использовать в тех случаях, когда классический способ разрыва стандартного образца неприемлем.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ АГРОПЕРЕРАБОТКИ

Легостаев В.С. - студент, Войчишина Н.И. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Важнейшая проблема, стоящая перед пищевыми отраслями агропромышленного комплекса – удовлетворение потребностей населения в биологически полноценных и экологически безопасных продуктах. Один из основных видов потенциальной опасности – ухудшение экологической обстановки. Сегодня многие предприятия страны оказывают неблагоприятное воздействие на природу и на человека, засоряя токсичными и радиоактивными отходами атмосферу, почву, воду. Это приводит к возрастанию радионуклидов, цезия, стронция, ртути, мышьяка и других элементов как в зерне (ячмень, рожь, кукуруза, рис, соя, пшеница), так и продуктах его переработки.

Резко улучшить экологическое положение с почвой, водой и воздухом практически нереально. Поэтому выдвинута другая параллельная альтернатива – изучить влияние технологии и оборудования перерабатывающих предприятий на перераспределение вредных для человека и животных элементов исходного сырья по конечным продуктам переработки. Это – технологическая экология агроперерабатывающих предприятий, новое понятие экологии.

Механизм «Технологической экологии агропереработки» был исследован в АлтГТУ на продуктах переработки зерна крупяных культур.

В результате установлена общая картина перераспределения тяжелых металлов и микроорганизмов из зерновки по основным конечным продуктам.

Установлено, что свинец, мышьяк и микроскопические грибы концентрируются в мучке, в зерновых отходах и лузге. Эти отходы и промежуточные продукты требуют особого экологического контроля.

Исследование, совершенствование и применение технологий, обеспечивающих безопасность аграрной продукции, способствует профилактике заболеваний у различных возрастных групп населения, увеличению продолжительности жизни, созданию условий для повышения устойчивости к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, преодолению тем самым негативных тенденций, проявившихся в последние годы.

## КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФРИКЦИОННОГО КОНТАКТА

Пономарева А.Н. - студент, Баранов А.В. – к.т.н., доцент, Тарасевич С.В. к.т.н.  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При исследовании фрикционного контакта стальных поверхностей, с целью изучения физики процессов, в последнее время все более часто применяются различные методы неразрушающего текущего контроля. Использование прямых методов исследования контактных процессов непосредственно при трении за редким исключением невозможно. Применение комплексного исследования, основанного на одновременном использовании различных косвенных методов позволяет более полно проникнуть в природу процесса в данный момент времени и проследить кинетику фрикционных явлений.

Созданная для этих целей установка позволяет исследовать торцевые пары трения при скольжении в широком диапазоне скоростей и нагрузок. В процессе трения кроме интегрального значения сил трения  $F$  фиксируются средний уровень сигналов ультразвукового акустического излучения (АИ)  $A$ , его спектральный состав и слаботочное переходное электросопротивление  $R$ .

Метод акустической эмиссии реализован в диапазоне свыше 30кГц с целью исключения влияния технологических шумов от работы оборудования машины трения. Источником эмиссии в данном диапазоне являются фрикционные реакции микроконтактов гене-

рирующие деформационные волны, воспринимаемые пьезодатчиком и после обработки сигнала фиксируются пишущим и лучевым осциллографом.

Особенностью применяемого метода исследований переходного электросопротивления является то, что падение напряжения на исследуемом контакте не превышает 25 мкВ. Достигнуто это применением специальных усилительных электрических схем с большим входным сопротивлением на МОП операционных микросхемах. Известно, что тонкопленочные структуры толщиной менее 1 мкм благодаря туннельному эффекту хорошо проводят электрически ток независимо от того является материал проводником или диэлектриком. Кроме того относительно большие токи, применяемые многими исследователями для повышения чувствительности оборудования, резко понижают сопротивление, разрушая тонкие граничные слои и сильно влияют на фрикционные характеристики контакта.

По мере приработки металлов пластическая деформация микроконтактов предполагает наличие ювенильных контактов с резкими выбросами акустической энергии и снижением контактного сопротивления. По мере формирования гранитного слоя процесс стабилизируется на низком значении АИ. При этом сильно растет электросопротивление, показывающее, что граничные слои не электропроводны. В имеющихся условиях такими слоями могут быть только окислы металла, то есть реализуется окислительный процесс трения и изнашивания.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА БУХТООБРАЗОВАНИЯ НА БАРАБАНЕ МОТАЛКИ ДЛЯ БЕСКОНЕЧНОДЛИННОЙ ГИБКОЙ СВЯЗИ

Собачкин А.В. – студент, Собачкин В.В. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При перемещении грузов на длинной гибкой связи (тросе), последнюю размещают на барабане лебедки внавал или с раскладкой виток к витку. Увеличении длины гибкой связи ведет к росту габаритов тянущего барабана и его инерционных характеристик.

На рисунке 1 представлена схема устройства, позволяющая размещать на барабане моталки связь практически любой длины. Достигается это организацией накопления связи в отдельном устройстве- приемной корзине 3. Тяговое усилие обеспечивает короткий, малоинерционный барабан 5. Барабан расположен вертикально и оснащен устройством сдвига гибкой связи 4 вдоль его оси в виде наклонного диска 1 и прижимных роликов 2. Вышеупомянутая корзина для накопления связи расположена под барабаном. При работе моталки трос поступает всегда в одну точку на барабане и затем с помощью наклонного диска смещается вдоль его оси вниз. На барабане с помощью прижимных роликов удерживается лишь несколько витков троса, большая же его часть под действием силы тяжести опускается в приемную корзину, вращающуюся синхронно с барабаном.

Надежная работа устройства возможна только при создании условий, исключающих проскальзывание гибкой связи относительно барабана в окружном направлении. Для этого необходимо выявить влияние количества витков троса на барабане, его габаритных размеров, числа прижимных роликов, их длины и расположения относительно барабана, а также параметров механизма сдвига связи на тяговую способность барабана.

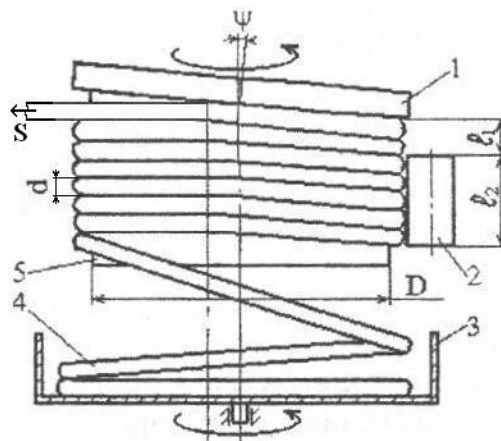


Рисунок 1 - Конструкция моталки для бесконечно длинной связи  
1- наклонный диск, 2- прижимной ролик, 3- приемная корзина, 4- гибкая связь, 5- барабан



Для исследования условий надежной работы устройства была разработана его математическая модель. При этом был принят наиболее общий случай сочетания параметров (рисунок 2)

- число прижимных роликов произвольно;
- ролики установлены равномерно вокруг барабана;
- угол расположения первого ролика относительно точки поступления троса на барабан выбран произвольно.

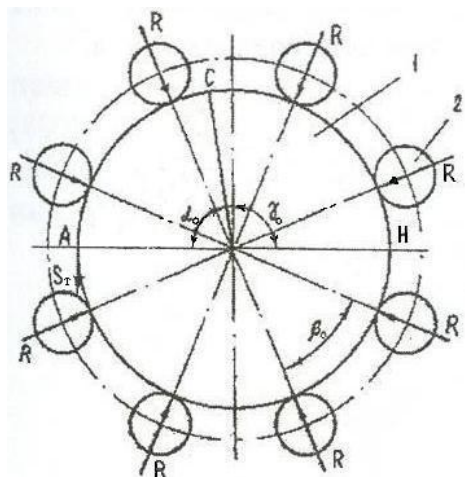


Рисунок 2- Расчетная схема моталки  
1- барабан, 2- прижимной ролик

трос не контактирует с прижимными роликами (зона свободной навивки). Во второй, с длиной  $l_2$  витки бухты троса располагаются под роликами (зона прижима).

В качестве допущения приняли, что трос представляет собой идеально-гибкую, упруго-растяжимую связь, в зоне прижима троса роликами их давление передаётся на поверхность барабана сосредоточенными силами, в зоне сдвига в результате движения троса вдоль оси барабана силы трения действуют на витки бухты только в направлении, противоположном этому движению. По этой причине натяжение витка троса в зоне сдвига считали постоянным. Коэффициент трения также приняли постоянным. Для определения натяжения в сечениях троса по дуге обхвата барабана использовали зависимость Эйлера.

С учётом вышеуказанных положений была получена зависимость для определения величин натяжения витка троса в конце зоны свободной навивки (в точке контакта троса с прижимным роликом). Зависимость представляет собой уравнение Эйлера в наших обозначениях:

$$S_0 = S_B \exp(-f\delta),$$

где  $S_B$  - тяговое усилие;  $f$  - коэффициент трения между тросом и барабаном;  $\delta = 2\pi n_0$  - угол обхвата барабана тросом по виткам в зоне свободной, навивки;  $n_0$  - количество витков троса в зоне свободной навивки.

Натяжение в сечении троса после  $m$ -го ролика:

$$S_{m1} = S_0 \exp[-f(m_1 - 1)\beta_0] - Rf \sum_0^{m1-1} \exp(-if\beta_0)$$

Натяжение в сечении троса в точке начала сдвига (точка C) для  $n$ -го витка троса:

$$S_n = S_B \exp\{-f[(n + \text{int}(n_1) - 1)(2\pi - \gamma_0) + 2\pi(n_1 - \text{int}(n_1)) - \eta\gamma_0 + (m_1 - 1)\beta_0 + \Delta_1]\} - Rf \exp\left\{\frac{1 - \exp(-fm\beta_0)}{1 - \exp(-f\beta_0)} * \frac{1 - \exp(-fn(2\pi - \gamma_0))}{1 - \exp(-f(2\pi - \gamma_0))} - \exp[(n - 1)(2\pi - \gamma_0) + m_1\beta_0]\right\} * \frac{1 - \exp(-fm_1\beta_0)}{1 - \exp(-f\beta_0)},$$

где  $\text{int}$  - функция Антье, представляющая собой целую часть дробного числа;  $\eta$  - целочисленный коэффициент, принимающий значение 0 или 1 в зависимости от углового расстояния до зоны прижима троса роликом.

Анализ работы механизма съема троса с барабана моталки показал, что освобождение гибкой связи из под прижимных роликов с последующим поступлением ее в приемную корзину обязательно осуществляется в зоне сдвига, т.к. только здесь происходит перемещение бухты вдоль оси барабана. Для обеспечения стабильности работы описанного устройства необходимо, чтобы натяжение витка троса, сходящего в приемную корзину, было равным нулю. Следовательно, в этом случае силы сцепления витков троса с поверхностью барабана моталки будут равны тяговому усилию лебедки.

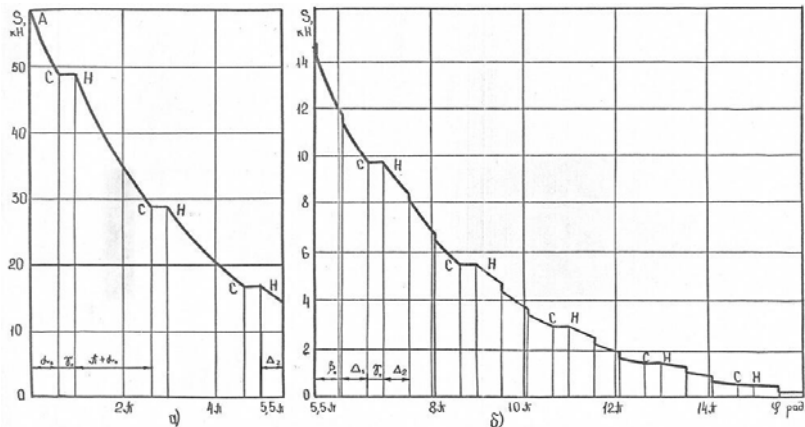


Рисунок 3- Распределение натяжения в сечениях троса по виткам обхвата барабана

а- зона свободной навивки; б- зона прижима

Распределение натяжения в сечениях троса по дуге обхвата барабана моталки при тяговом усилии 60 кН приведено на рисунке 3.

Распределение натяжения в сечениях троса по дуге обхвата барабана моталки при тяговом усилии 60 кН приведено на рисунке 3.