

Полностью безотходных технологий в гидрометаллургии урана быть не может, поскольку его содержание в рудной массе находится на уровне десятых и сотых долей процента, попутное извлечение других ценных компонентов требует их очистки от радионуклидов, поэтому обязательным условием в производстве урана является наличие хвостохранилищ. Эти сооружения должны быть оборудованы надёжной противофильтрационной защитой, канавами перехвата паводковых вод, контрольными скважинами. Также, должно быть создано обратное водоснабжение для использования дамбовой отстоявшейся воды в урановом и, возможно, другом производстве. Всем этим требованиям отвечает сооружение – вторая секция хвостохранилища «Сухачёвское» введенная в эксплуатацию в период 1983 г.

Выводы

1. Первоначальная переработка урановых руд осуществлялась по карбонатной и серноокислотной технологиям, что сопровождалось низким извлечением урана, тяжелыми условиями труда и контактом обслуживающего персонала с соединениями урана и не предусматривала утилизацию затраченных химических реагентов и применение экологических мероприятий.

2. Технологическая схема извлечения урана с комплексным использованием (рис. 2) позволила реализовать экологически приемлемые решения по комплексной переработке железосодержащих руд с извлечением урана и железа. Также были успешно решены задачи переработки фосфоросодержащего сырья с извлечением урана, редкоземельных элементов, скандия и фосфора.

3. Внедрение сорбционных методов извлечения урана из пульп позволило улучшить экономические показатели технологии извлечения, существенно улучшить условия труда и снизить экологические последствия уранового производства в г. Днепродзержинске.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.
Надійшла до редакції 25.05.11*

УДК 621.876

© Д.Л. Колосов

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ДЕФОРМУВАННЯ БОБІНИ НА РОЗПОДІЛ СИЛ РОЗТЯГУ ТРОСІВ В КАНАТІ СТУПІНЧАТОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Досліджено зміни напружено-деформованого стану каната, що відбуваються внаслідок відхилення форми твірної бобіни від прямої лінії. Доведено, що викривлення твірної бобіни внаслідок нерівномірного розподілу сил тиску ділянки каната з меншою кількістю тросів практично не впливає на напружений стан каната і його можна не враховувати в інженерній методиці розрахунку.

Исследованы изменения напряженно-деформированного состояния каната, вызванные отклонением формы образующей бобины от прямой линии. Доказано, что искривление образующей бобины вследствие неравномерного распределения сил давления участка каната с меньшим количеством тросов практически не влияет на напряженное состояние каната и его можно не учитывать в инженерной методике расчета.

The changes in the stress-strain state of rope, caused by deviation of the generator of the reel from a straight line, are examined. It is proved that the distortion of the reel generator due to the uneven distribution of the pressure of the rope with a smaller number of cables does not affect its stress state and can be ignored in the engineering method of calculation.

Вступ. Розробка підйомної машини для надвеликих глибин пов'язана із впровадженням канатів ступінчастої конструкції. В такому канаті кількість тросів за його довжиною ступінчасто змінюється – збільшується від кінцевого (корисного) вантажу до барабана підйомної машини. Аналогом ступінчастого каната є плоский гумотросовий канат, в якому поперечний переріз залишається незмінним по усій його довжині. На підйомній машині канат розташований вертикально і зусилля розтягнення змінюється за його довжиною – воно залежить від маси каната, розташованої нижче розглядуваного перерізу. Збільшення довжини каната веде до зростання його маси, що зменшує реальну вантажопідйомність машини. При значних довжинах маса каната істотно впливає на величину корисного навантаження. В канаті ступінчастої конструкції зміною конструктивних елементів та поперечного перерізу досягається можливість забезпечення рівномірності тягового каната за довжиною при зменшенні маси каната та збільшенні кінцевого навантаження та глибини підйому.

Застосування нових канатів на підйомних установках вимагає розв'язання багатьох актуальних науково-технічних задач. До таких задач відноситься і задача визначення впливу змінної ширини каната на його напружено-деформований стан (НДС) в бобіні, утвореній багатошаровим намотуванням.

Стан питання. Плоскі канати (стрічки) незмінної ширини використовуються понад 100 років в підйомно-транспортних машинах. В такій конструкції тиск верхнього шару практично рівномірно розподілений по ширині. Результати досліджень напружено-деформованого стану таких органів широко висвітлені в науковій літературі. Подальші дослідження необхідні для обґрунтування норм експлуатації канатів ступінчастої конструкції. В роботах [1-4] встановлені закономірності деформування твірної поверхні, по якій намотується ступінчастий канат. Представлена робота присвячена розгляданню змін НДС каната, що відбуваються внаслідок відхилення форми твірної бобіни від прямої лінії.

Мета роботи полягає у визначенні впливу викривлення твірної бобіни, зумовленого нерівномірним розподілом сил тиску ділянки каната з меншою кількістю тросів, на напружено-деформований стан ступінчастого каната.

Постановка задачі та основний зміст роботи. Під час багатошарового намотування на виконавчий орган підйомної машини каната ступінчастої конструкції, сходинка меншої ширини укладається на шари, утворені попередньою, більш широкою сходинкою. До того ж, при намотуванні ступінчастого каната в бобіну, укладаються шари кожної ступені на попередню ділянку каната, що містить на два більшу кількість тросів (рис. 1). Таке укладання призводить до нерівномірного розподілу тиску каната меншої ширини на попередні шари більшої ширини. Нерівномірний тиск призводить до зміни поверхні, утвореної канатом при багатошаровому намотуванні. В свою чергу, зміна форми тіла, з яким взаємодіє плоский тяговий орган, впливає на характер набігання каната.

Гумотросовий канат – композитна конструкція і визначення його НДС аналітичним шляхом практично неможливе. Відповідно неможливо розробити методику інженерного розрахунку на міцність такої складної системи, як багатошарове тіло, утворене намотуванням каната змінної ширини. Вказане зумовлює потребу визначення загальних характеристик НДС системи і на основі цих особливостей прийняти спрощену розрахункову схему. Далі, для такої розрахункової схеми віднайти аналітичний розв’язок, відповідно знайти вирази для визначення параметрів НДС каната.

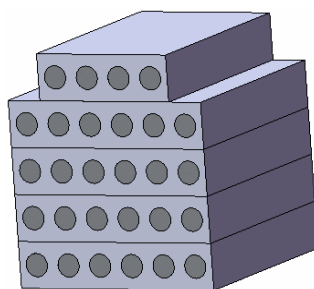


Рис. 1. Прийнята фізична модель укладання шарів каната в бобіні

Напружено-деформований стан будемо розглядати складеним із трьох станів. Перший стан – канат згинається за формою, що відповідає формі поверхні бобіни. При цьому всі перерізи плоскі до деформування, залишаються плоскими і після деформування. Оскільки ділянка, zdeformovana по поверхні бобіни, взаємодіє з ділянкою, на якій канат вважаємо плоским, то в разі зняття умовного обмеження на деформування границь, зусилля у тросах перерозподіляться і перерізи викривляться. При цьому всі зміни матимуть локальний характер внаслідок дії принципу Сен-Венана. Це деформування віднесемо до другого стану. Третім станом будемо вважати навантаження каната силами розтягу, рівномірно розподіленими по його ширині. Такий розтяг не призводить до додаткового викривлення перерізів каната. Відповідно, поздовжні навантаження, додані на третьому станові, будуть однаковими і їх легко врахувати.

Прийнявши $P_1 = P_3 = 0$ (без урахування зовнішнього навантаження), рівняння, що описують переміщення та навантаження тросів запишемо у наступному вигляді

$$\begin{aligned} u_i^I &= [F_{y=it} - R_{sr}] \varphi; \\ P_i^I &= EF [F_{y=it} - R_{sr}] \frac{1}{R_{sr}}, \end{aligned} \quad (1)$$

де u_i^I – переміщення i -того троса на першому етапі деформування каната; P_i^I – зусилля розтягу i -того троса на першому етапі деформування каната; $F_{y=it}$ – функція залежності радіуса бобіни від координати y (задана дискретними значеннями, як добуток номеру троса i та кроку їх укладання t), спрямованої вздовж осі бобіни; R_{sr} – мінімальний радіус бобіни; φ – кут взаємодії каната та бобіни.

У ролі координати до першої складової входить змінна – кут φ . Враховуючи те, що

$$\varphi = \frac{x}{R_{sr}}, \quad (2)$$

переміщення та сили складають

$$u_i^I = \frac{(F_{y=it} - R_{sr})x}{R_{sr}}; \quad (3)$$

$$P_i^I = \frac{(F_{y=it} - R_{sr})EF}{R_{sr}},$$

де EF – жорсткість троса на розтяг.

Деформації та сили деформування тросів подамо залежностями

$$u_i^{II} = \left[\sum_{n=1}^{\infty} (A_n e^{\beta_n x} + B_n e^{-\beta_n x}) \cos(\alpha_n(i-0,5)) \right], \quad (4)$$

$$P_i^{II} = \left\{ \left[\sum_{n=1}^{\infty} \beta_n (A_n e^{\beta_n x} - B_n e^{-\beta_n x}) \cos(\alpha_n(i-0,5)) \right] \right\} EF, \quad (5)$$

де A_n, B_n , – постійні інтегрування; $\beta_n = \sqrt{2 \frac{Gh}{EF(t-d)} (1 - \cos \alpha_n)}$; G – модуль зсуву гуми; h – товщина каната; t – крок укладання тросів із заданим діаметром d ; α_n – характеристичний показник, знайдений з розв'язку системи рівноваги тросів в канаті.

Сили та переміщення тросів в канаті на другій ділянці дорівнюють різниці між двома станами – першим та другим.

$$u_{2,i} = u_i^I - u_i^{II}, \quad (6)$$

$$P_{2,i} = P_i^I - P_i^{II}.$$

Початок вісі x розташуємо посередині бобіни, спрямуємо вздовж осі каната. Унаслідок симетрії деформування відносно початку вісі координат, приймемо переміщення в перерізі $x = 0$ рівними нулеві. Указане дозволяє визначити переміщення та сили за допомогою гіперболічних функцій і залишити тільки одну невідому сталу (A_n)

$$u_{2,i} = \frac{(F_{y=it} - R_{sr})x}{R_{sr}} - \left[\sum_{n=1}^{\infty} A_{2,n} sh(\beta_n x) \cos(\alpha_n(i-0,5)) \right], \quad (7)$$

$$P_{2,i} = \left\{ \frac{(F_{y=it} - R_{sr})}{R_{sr}} - \left[\sum_{n=1}^{\infty} \beta_n A_{2,n} ch(\beta_n x) \cos(\alpha_n(i-0,5)) \right] \right\} EF. \quad (8)$$

Сформулюємо граничні умови для однієї першої ділянки – коли

$$x \rightarrow \infty, \quad P_{1,i} = 0, \quad u_{1,i} = 0. \quad (9)$$

З граничних умов маємо

$$A_{1,n} = 0. \quad (10)$$

Оскільки друга ділянка взаємодіє з першою, то на межі їх з'єднання ($x = L$) повинні виконуватись умови сумісності деформування, коли

$$x = L, \quad u_{2,i} = u_{1,i}, \quad P_{1,i} = P_{2,i}. \quad (11)$$

Розкладемо в ряд за косинусами функцію

$$\frac{(F_{y=it} - R_{sr})}{R_{sr}} = \left[\sum_{n=1}^N a_n \cos(\kappa_n (i - 0,5)) \right], \quad (12)$$

де N – кількість тросів в канаті; a_n, κ_n – невідомі коефіцієнти функції.

Підставивши значення переміщень та зусиль в умови сумісності деформування, отримаємо систему алгебраїчних рівнянь для визначення решти сталих інтегрування

$$\left. \begin{aligned} a_n - \beta_n A_{2,n} ch(\beta_n L) &= -\beta_n B_{1,n} e^{-\beta_n L} \\ a_n L - A_{2,n} sh(\beta_n L) &= B_{1,n} e^{-\beta_n L} \end{aligned} \right\}. \quad (13)$$

Після розв'язання систем рівнянь (13) маємо

$$\begin{aligned} A_{2,n} &= \frac{a_n \left(\frac{1}{\beta_n} + L \right)}{[sh(\beta_n L) + ch(\beta_n L)]}, \\ B_{1,n} &= [a_n L - A_{2,n} sh(\beta_n L)] e^{\beta_n L}. \end{aligned} \quad (14)$$

З використанням отриманих результатів, розподіл сил по ширині каната, зумовлений викривленнями твірної від дії сил стискання, наведено на рис. 2.

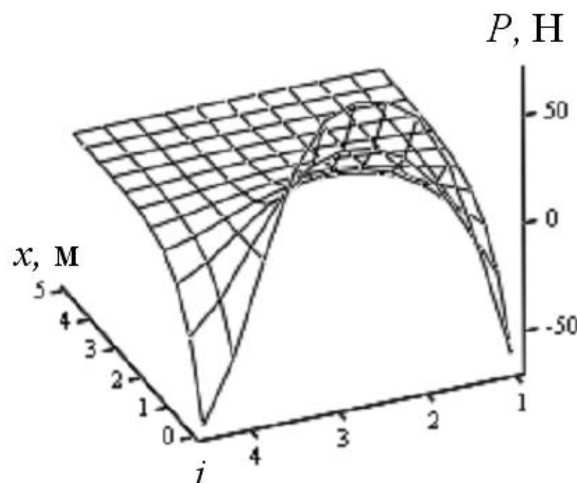


Рис. 2. Розподіл додаткових сил розтягу тросів, зумовлених формою (викривленням твірної) бобіни

Графік показує, що викривлення твірної бобіни призводить до перерозподілу сил поміж тросами. Найбільш нерівномірно сили розподіляються поміж троса-

ми в перерізі набігання каната на бобіну. Екстремальні значення сил не перевищують 50 Н. Діаметр тягових елементів (тросів) каната типа ГТК-3150 становить 8,25 мм. Розривне зусилля такого троса близько 50 кН. Таким чином екстремальні зміни навантажень на троси значно менші за зусилля руйнування троса. Тому можна зробити **висновок**, що викривлення твірної бобіни внаслідок нерівномірного розподілу сил тиску ділянки каната з меншою кількістю тросів практично не впливає на напружений стан каната і його можна не враховувати в інженерній методиці розрахунку.

Список літератури

1. Колосов Д.Л. Скінченно-елементне моделювання напружено-деформованого стану гумотросового ступінчастого каната в бобінному органі намотці // Підйомно-транспортна техніка. – Дніпропетровськ. – 2010. – №3. – С. 86-90.
2. Колосов Д.Л. Дослідження розподілу напружень в плоскому гумотросовому канаті ступінчастої конструкції при його багат шаровому намотуванні // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ. – 2010. – №35. – Т.1. – С. 182-188.
3. Блохін С.Є., Колосов Д.Л., Танцура Г.І. Визначення напружено-деформованого стану гумотросового каната змінного перерізу в тілі намотування багат шарової конструкції // Підйомно-транспортна техніка. – Дніпропетровськ. – 2010. – №4. – С. 15-22.
4. Колосов Д.Л., Білоус О.І. Стійкість ступінчастого каната на барабані машини підйому підводного робота // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ. – 2010. – №35. – Т.2. – С. 137-142.

*Рекомендовано до публікації Самусею В.І.
Надійшла до редакції 20.06.11*

УДК 622.831.322:532.528

© В.В. Зберовский, А.В. Пазынич,
Ю.Е. Поляков, А.А. Потапенко, А.А. Ангеловский

МОДЕЛЬ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА ПРИ НАГНЕТАНИИ ЖИДКОСТИ

Предложена математическая модель расчета предельного состояния угольного пласта при нагнетании жидкости. Критерием разрушения пласта принято значение давления гидростатического. Для проведения инженерных расчетов используется программа Matchcad 14 и разработанная в ней математическая модель.

Запропонована математична модель розрахунку граничного стану вугільного пласта при нагнітанні рідини. Критерієм руйнування пласта прийнято значення тиску гідровіджимання. Для проведення інженерних розрахунків використовується програма Matchcad 14 та розроблена у ній математична модель.

The mathematical model of calculation of the maximum state of coal layer at festering of liquid is offered. By the criterion of destruction the value of pressure of hydrowringing is accepted. For conducting of engineering calculations the Matchcad 14 software and mathematical model of calculation developed in her is used.