

УДК 621.867

Н.А. Скляр (профессор, канд. тех. наук)

С.И. Бабич (магістрант)

Донецкий национальный технический университет, Донецк

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ВИНТОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ И РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛОБА И РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ КОНВЕЙЕРА

Представлен анализ долговечности желоба и винтового вала винтовых конвейеров для транспортирования сыпучих грузов, изложены предложения по расширению диапазона рабочих скоростей транспортирования в зависимости от свойств материала, предложения по повышению долговечности желоба и ремонтпригодности винтового конвейера в целом.

Ключевые слова: винтовой конвейер, долговечность, ремонтпригодность, производительность, желоб, вал.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами

Наибольшего распространения винтовые конвейеры (рис.1) получили в машиностроительном, механическом, цементном производстве, на участках углеподачи котельных, электростанций, которые работают на мелком и пылевидном топливе, в химической, сахарной и других областях промышленности.

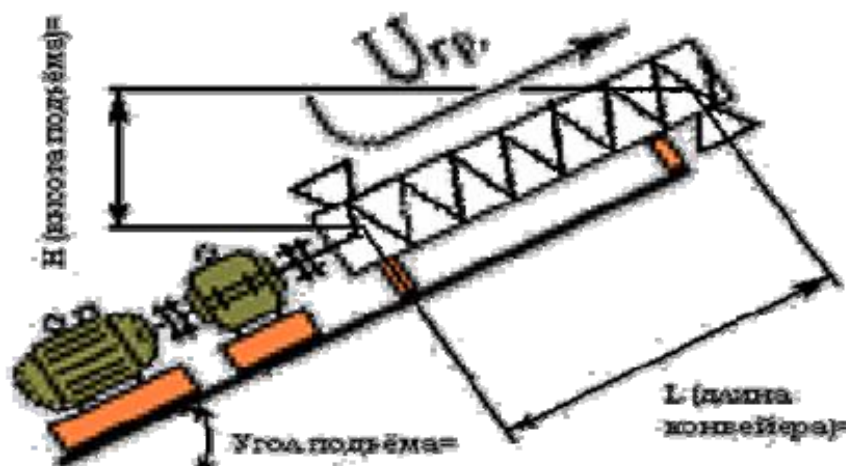


Рис. 1. Схема винтового конвейера

Винтовые конвейеры специального назначения, кроме транспортировки грузов выполняют некоторые технологические процессы. Они применяются в керамическом, химическом и других производствах. На машиностроительных и ремонтно-механических заводах винтовыми конвейерами транспортируют стружку.

Обычно винт и желоб изготавливают металлическими, но для сильно абразивных материалов, которые быстро “съедают” детали, винт и желоб изготавливается из чугуна или специальных сплавов. Такие же конвейеры применяют и при перемещении разъедающих и кислотных материалов. В химической, а также пищевой промышленности, где нужно уберечь продукты от действия окислителей, встречаются конвейеры, которые изготовлены из сплавов алюминия, бронзы, меди и нержавеющей стали.

веющей стали разных составов. В отмеченных условиях такие конвейеры служат значительно дольше, чем изготовленные из углеродистой стали.

К главным *преимуществам* винтовых конвейеров нужно отнести: компактность конструкции и удобства расположения; конструктивную простоту и дешевизну; полностью закрытую конструкцию, которая приемлема для транспортирования продуктов тонкого помола, остропахнувших, горячих и материалов, выделяющих газы и пары; простоту досмотра конструкции и технического обслуживания; удобство промежуточной загрузки и разгрузки материалов.

Из *недостатков* винтовых конвейеров следует заметить: большие расходы электроэнергии, обусловленные интенсивным смешиванием материала, затягиванием и растиранием его в зазоре между винтом и желобом; большие коэффициенты сопротивления; измельчение и истирание транспортируемых материалов, в связи с чем снижается их потребительская ценность; необходимость равномерной работы во избежание застоя и слеживаемости материала.

Анализ исследований и публикаций

Вопросу транспортирования сыпучих материалов уделяется большое внимание отечественных и зарубежных ученых, исследователей и работников и работников научно-производственных предприятий.

Средствами транспортирования сыпучих материалов занимались проф. А.В. Докукин, А.В. Евневич, доценты Т.Ш. Гочиташвили, П.А. Преображенский, А.А. Труфанов, И.Д. Пшеничный, инж. Л.М. Шведов, Ю.Ф. Краденов, Ю.П. Евтухов, К.Л. Котляров, В.В. Модинов и др.

Вопросы совершенствования данного вида транспорта исследовались в ряде ниже перечисленных институтов, организаций и предприятий как Казанский химико-технологический институт им. С.М. Кирова, Всесоюзный научно-исследовательский институт подъемно-транспортного машиностроения, институт горного дела им. А.А.Скочинского, Одесский филиал научно-производственного объединения «Агропривод», Новолипецкий металлургический завод и др.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является разработка предложений по расширению диапазона скоростей транспортирования материала винтовым конвейером, повышению долговечности желоба и ремонтпригодности конвейера.

Изложение материала и результаты

Простои основного оборудования заводов (печей, мельниц, сушильных барабанов и др.) в большинстве случаев происходят из-за низкой долговечности элементов транспортных машин. Более 60% ремонтного персонала заводов занято поддержкой в работоспособном состоянии и обеспечением непрерывной работы указанного оборудования. Поэтому наряду с улучшением конструкции и ужесточением требований к эксплуатации машин и оборудования, необходима разработка и внедрение транспортных средств нового технического уровня, которые отвечали бы требованиям производительности, долговечности и ремонтпригодности.

В винтовом конвейере наибольшему износу подвергаются вкладыши и шейки подвесных подшипников, винтовая спираль и желоб. При неравномерно увеличенной подаче материала или попадании кусков металла происходят поломки соединительных шеек вала, обрывы упорных, а иногда и подвесных подшипников, повреждение винтовой спирали и желоба. При изнашивании подшипников винт

цепляется за желоб, что вызывает перегрузку электродвигателя и поломку деталей конвейера.

Подвесные подшипники винта, взаимодействуя с абразивным материалом, практически работают без смазки. Чтобы предотвратить их быстрое изнашивание, некоторые заводы наплавляют шейки вала и вкладыши сталинитом со следующим шлифованием трущихся поверхностей. Срок службы такого узла увеличивается в 5 – 6 раз по сравнению с обычно устанавливаемыми стальными соединительными шейками и чугунными вкладышами. Изнашивание подвесных подшипников снижают путем уменьшения коэффициента заполнения рабочего пространства до 0,2 (при сильно абразивных материалах) и до 0,4 (при транспортировке угля), а также уменьшая число оборотов винта до 30 за минуту.

Для предупреждения аварийного изнашивания и поломок других деталей конвейера должно быть обеспечено равномерное поступление материала, чтобы предотвратить перегрузку привода и электродвигателя при завалах транспортируемого материала. Для предотвращения попадания в конвейер крупных металлических частей необходимо на питателе установить сетку и, кроме того, ставить к электродвигателю предохранители нормального сечения, которые не допускали бы повышения силы тока более чем на 25 – 30% от нормального значения.

Главная (базовая) деталь койеверса – желоб. Он служит без ремонта только около полугода, затем нуждается в капитальном ремонте или замене на новый.

Вторая важная деталь - винтовой вал. Он изнашивается до предельного состояния при транспортировке сыпучих материалов примерно через 50 - 80 дней, после чего его нужно восстанавливать путем приварки новых лопастей. Эта деталь меньше влияет на ремонтпригодность конвейера, чем желоб.

Для реализации поставленной задачи авторами предложено:

1. Предусмотреть в приводе конвейера двухскоростной редуктор со скоростями 0,35 м/с (для тяжелых сильно вязких материалов, например цементный раствор) и 1,05 м/с (для сухих пылевидных и мелкокусковых грузов, например, рядовых углей);

2. С целью увеличения ресурса желоба изготавливать его методом центрального каменного литья в виде труб нужного диаметра;

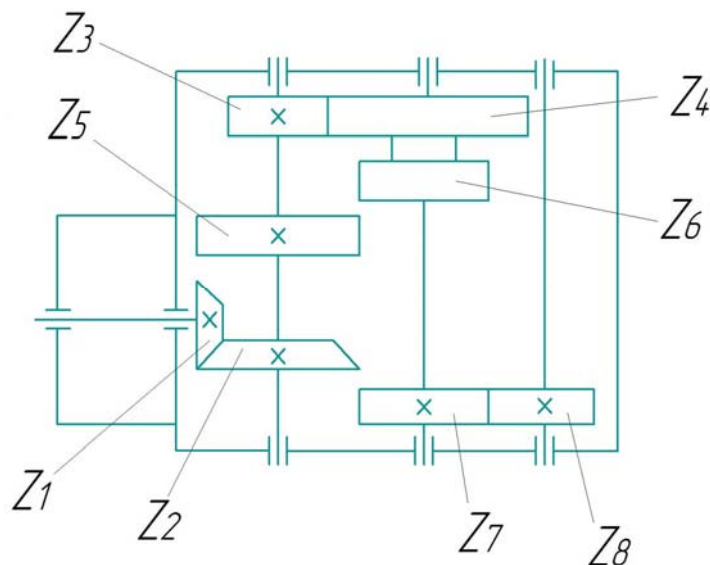


Рис. 2. Кинематическая схема двухскоростного редуктора винтового конвейера:

Z1, Z3, Z5, Z7 - шестерни; Z2, Z4, Z6, Z8 - зубчатые колеса
(Z4 и Z6 объединены в блок шестерен)

3. Производить футеровку внутренней поверхности металлического желоба базальтовыми плитками;

4. Желоб изготавливать быстроразъемным из отдельных кусков стальных труб по ГОСТ 10704-76 длиной 1000...1500 мм с предварительным упрочнением внутренней поверхности до микротвердости $H_m = 6000...8000$ Н/мм² методом электромеханического упрочнения (ЭМО).

1. Переключение скоростей ведомого вала редуктора предлагается производить с помощью муфты (кулачковой, магнитной и др.) по следующей кинематической схеме рис.2.

2. Каменное литье труб – это способ получения отливок в металлических формах (рис.3). для изготовления желоба винтового конвейера. При центробежном литье растворенный каменный раствор базальта, подвергаясь действию центробежных сил, отбрасывается к стенкам формы и затвердевает. Таким образом получается отливка.

Этот способ литья широко используется в промышленности, особенно для получения пустотелых отливок (со свободной поверхностью).

В угольной промышленности базальтовым литьем футеруют желоба и отсасочные машины, скребковые транспортеры, бункера и трубопроводы. Во всех случаях срок службы по сравнению с металлом увеличивается от 3 до 10 раз. Хвостотводы обогатительных фабрик, футерованные базальтовым литьем, служат 10 и более лет, в то время как металлические хвостотводы в этих же условиях – не более 6 – 10 мес. [4].

Технология *центробежного каменного литья* обеспечивает целый ряд преимуществ, зачастую недостижимых при других способах, к примеру: высокая износостойкость, плотность материала, изоляционная способность (до 1010 В), отсутствие раковин, низкое водопоглощение и др.

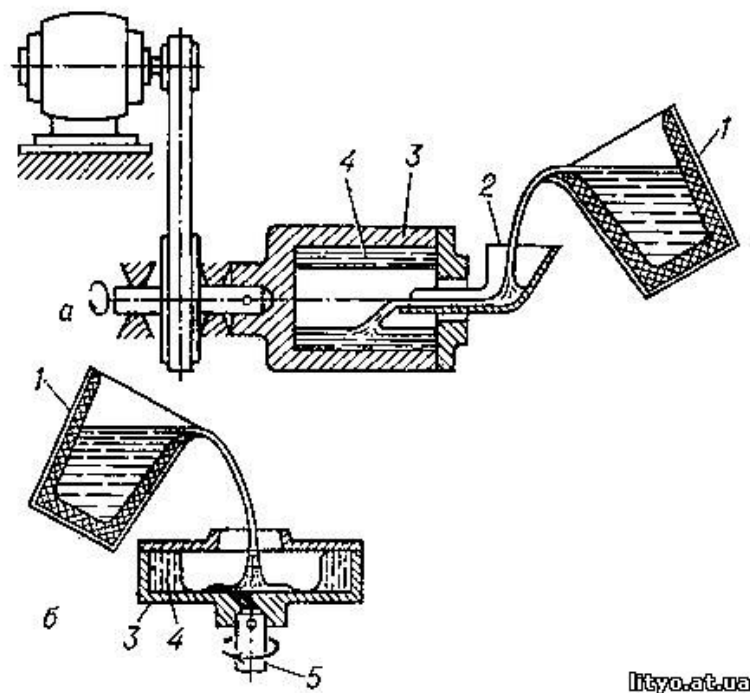


Рис. 3. Схема получения отливок способом центробежного литья на машинах с горизонтальной (а) и вертикальной (б) осями вращения:

1 – ковш; 2 – жёлоб; 3 – форма; 4 – отливка; 5 – шпиндель

3. Футерование желоба плитками. Каменное литье является новым конструкционным материалом с высокими физико-химическими и техническими свойствами. Экспериментально доказано, что каменнолитейные изделия по некоторым техническим свойствам значительно превышают свойства черных и цветных металлов и сплавов.

Футеровальные плитки, полученные каменным литьем, представлены на рис.4.

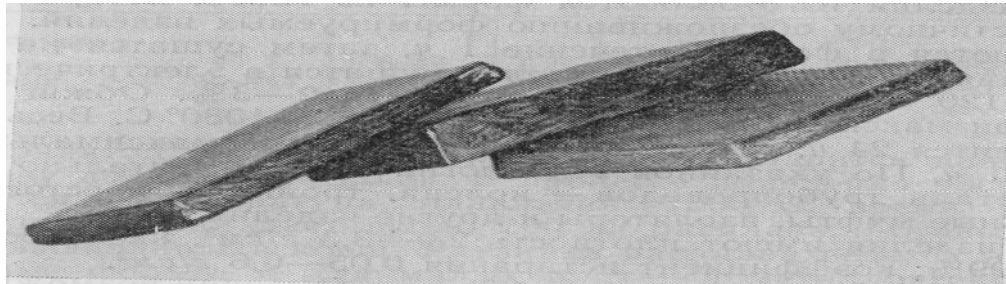


Рис. 4. Футеровальные плитки размером 180×115×18 мм

4. Способ электромеханического упрочнения внутренней поверхности желоба винтового конвейера заключается в электромеханической обработке (ЭМО) внутренней поверхности отдельных элементов желоба из стальных труб длиной 1 – 1,5 м на токарно-винторезном станке 16К20М. Этот станок позволяет обработку труб с наружным диаметром до 400 мм длиной до 1500 мм. (Диапазон диаметров труб: 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400 мм). Частота вращения шпинделя от 16 до 2000 об/мин).

Диаметр винта определяем из формулы производительности. Формулу берем из источника [3]:

$$Q = 60 (pD^2/4) * S * n * C * r * y, \quad (1)$$

где r - насыпная плотность груза (см. пункт 1.8.1.), $т/м^3$;

C - поправочный коэффициент, зависящий от угла наклона конвейера: при угле наклона равном $j = 10^0$, $C=0,8$;

S - шаг винта, м; n -частота вращения вала винта, об./мин;

y - коэффициент наполнения желоба винта.

Опытная установка электромеханической обработки внутренней поверхности цилиндров из стали 30ХГСА представлена на рис. 5.

Сущность способа ЕМО деталей заключается в том, что через деформирующий элемент, например, накатный ролик, пропускают ток большой силы и низкого напряжения. В результате прохождения через зону контакта ролика с деталью электрического тока высокой плотности происходит локальный разогрев контактной зоны к температуре, что отвечает фазовому превращению материала для среднеуглеродистых и легированных сталей $T=850...950^0C$. За счет высоких скоростей нагревания и охлаждения контактной зоны в условии определенного усилия деформации в поверхностном слое образуются высокотвердые и износостойкие поверхности, так называемые, "белые" и "серые" слои глубиной 0,02...0,3 мм.

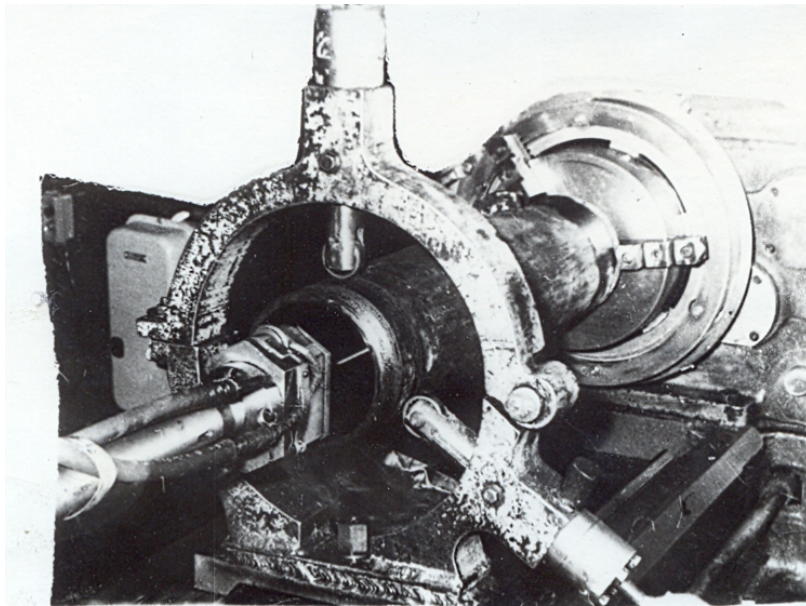


Рис. 5. Опытная установка электромеханической обработки цилиндров (Рутченковский завод «Гормаш»)

При этом одновременно достигается снижение шероховатости поверхности на 2...3 класса, причем микронеровности имеют округлую форму, что на 30...40% увеличивает площадь фактического контакта по сравнению с обработкой шлифованием к одинаковому значению параметра шероховатости / 1 /.

Параметры установки ЭМО

1. Скорость вращения опытного образца, (об/мин)	60...700
2. Подача суппорта устройства, (мм/об)	0,08...0,32
3. Усилие при давлении ролика к образцу, (Н)	50...1200
4. Сила тока (А)	100...1500
5. Напряжение силового источника тока, (В)	0,5...7

В работе использовался метод планирования эксперимента. Проводилось построение планов первого порядка полнофакторного эксперимента 2^3 (табл. 1).

Входными параметрами служили:

R_a -средняя шероховатость поверхности, мкм;

H_{M1}, H_{M2} – средняя микротвердость на глубине соответственно 0,02 и 0,05 мм от поверхности, Н/мм².

Входная шероховатость образцов в эксперименте была принята $R_a = 1,8 \div 1,9$ мкм.

Расчетная площадь контакта $F = 0,5$ мм².

Проведено два повторных эксперимента.

В результате подсчета регрессионных коэффициентов и проверки их значимости по критерию Стьюдента с уровнем значимости $1 - \alpha = 0,80$ (незначимые коэффициенты были исключены), получены уравнения регрессии:

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования

Факторы	Кодовое обозначение	Уровни варьирования фактора		
		нижний $x_i = -1$	основн. $x_i = 0$	верхний $x_i = +1$
Скорость обкатки, м/мин	x_1	7	10,5	14
Плотность тока, А/мм ²	x_2	500	630	760
Удельное давление, Н/мм ²	x_3	300	400	500

$$R_a = 0,728 + 0,061x_1 - 0,085x_2 - 0,011x_3 \quad (2)$$

$$H_{M1} = 6940 - 813x_1 + 1938x_2 - 938x_3 - 563x_1x_2 + 563x_1x_3 - 688x_2x_3 \quad (3)$$

$$H_{M2} = 4413 + 1013x_2 \quad (4)$$

Проверка адекватности моделей производилась по критерию Фишера при $P = 0,95$ с числом степеней свободы для оценки дисперсии ошибок наблюдения $\varphi_2 = 8$ и для суммы квадратов, которые характеризуют неадекватность моделей $\varphi_1 = 4$.

Следует отметить тот факт, что при плотности тока $j = 760$ А/мм² отмечена очень высокая микротвердость в поверхностной зоне $h = 0 \div 0,05$ мм ($H_m = 13000$ Н/мм²), что, очевидно вызвано повышенным изнашиванием и диффузией материала накатного ролика (твердый сплав) в поверхностном слое обрабатываемого образца.

Из проведенных исследований очевидно, что после электромеханической обработки образцов из стали микротвердость увеличивается в 2-3 раза по сравнению с упрочнением поверхности твердым роликовым инструментом.

Установлены рациональные режимы ЭМО:

$J = 500 \div 750$ А/мм², $p = 300-500$ Н/мм², $V = 7-14$ м/хв, при которых достигается шероховатость поверхности металлических образцов в пределах $R_a = 0,6 \dots 0,7$ мкм наряду с высоким значением микротвёрдости $H_m = 6000 \dots 7500$ Н/мм² по сравнению $H_m = 2600$ н/мм² без ЭМО.

Оценка коррозионной стойкости образцов производилась по методике ускоренных испытаний на коррозионную стойкость материалов разработанной в ИГД им. А.А. Скочинского [4]. Схема процесса исследования представлена на рис. 6.

Исследуемые участки 5 образца покрывались фильтровальной бумагой 6, концы 7 которой опускались в трехпроцентную эмульсию 8 с присадкой АКВОЛ-3, которая является рабочей жидкостью гидроцилиндров мехкрепей, изготовленных из стали 30ХГСА. Образцы 1 помещались в герметично закрытый эксикатор 4 с крышкой 3.

С целью проведения ускоренных испытаний над опытным образцом подвешивался тигель 2 с серной кислотой.

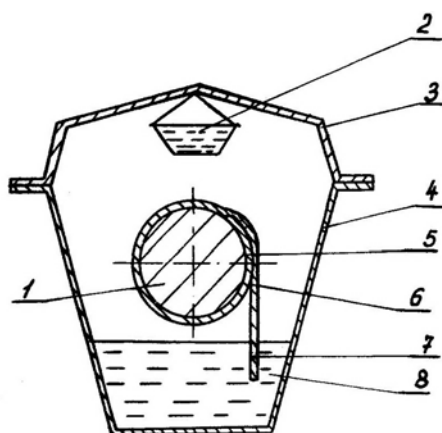


Рис. 6. Схема процесса исследования коррозионной стойкости опытных образцов

Условная коррозионная стойкость (K) определялась по формуле:

$$K = \frac{100 - A}{100} \quad (5)$$

где A – площадь поверхности, поврежденной коррозией, %

Результаты исследования образцов на коррозионную стойкость приведены в табл. 2.

В результате исследования построены графики зависимостей условной коррозионной стойкости K , параметра шероховатости Ra и поверхностной микротвердости H_m от плотности электрического тока j в зоне контакта упрочняющего ролика с обрабатываемой поверхностью образцов, которые представлены на рис. 7

Таблица 2 - Режимы ЭМО и коррозионное повреждение образцов

№№ образцов	Плотность тока, j , А/мм ²	Удельное давление ролика, p , Н/мм ²	Скорость обкатки V , м/мин	Коррозия, %
1	0	2000	60	12,20
2	350	500	10,5	7,75
3	500	500	10,5	4,85
4	600	500	10,5	0
5	650	500	10,5	0
6	700	500	10,5	0
7	800	500	10,5	1,47

Из результатов исследования следует, что наилучшим режимом ЭМО, при котором отсутствует коррозия испытанных образцов, является режим с плотностью тока $j=600...700$ А/мм², при этом обработанная поверхность имеет хорошие показатели параметра шероховатости $Ra=0,65...0,80$ мкм и поверхностную микротвердость $H_m=5700...7000$ Н/мм² (заштрихованная область на рис. 7).

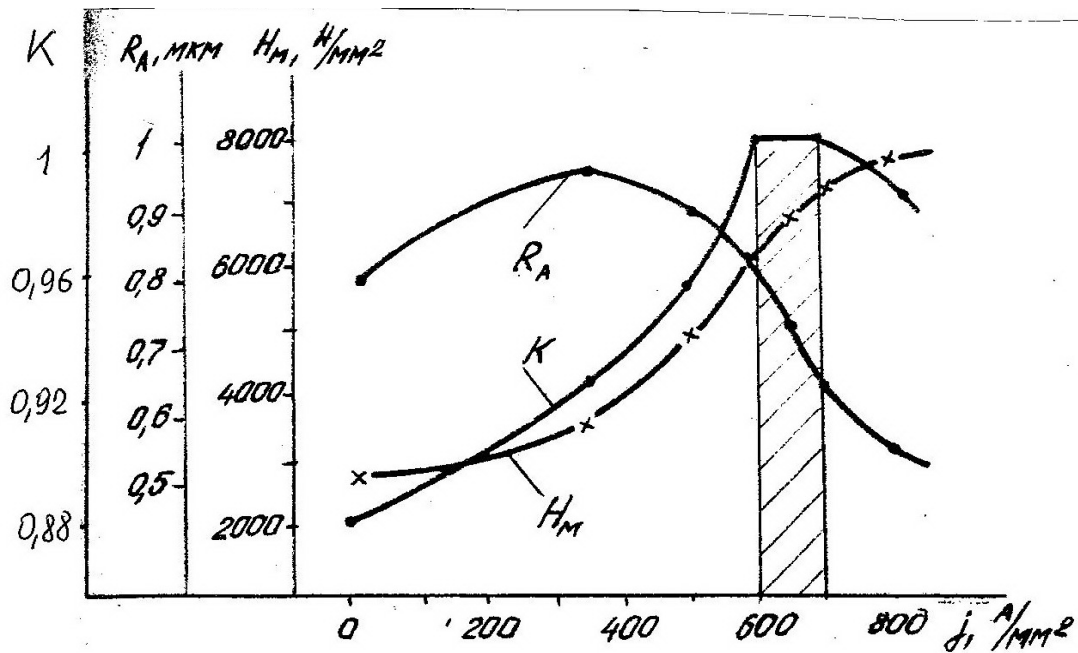


Рис. 7. Зависимости условной коррозионной стойкости K , параметра шероховатости R_a поверхностной микротвердости H_m образцов из стали 30ХГСА, упрочненной при $V=10,5$ м/мин и $p=500$ Н/мм² от плотности электрического тока j

Таким образом, использование указанных в работе методов изготовления и обработки желоба позволит увеличить его долговечность, а сборка желоба из отдельных секций длиной 1000...1500 мм обеспечит повышение ремонтпригодности винтового конвейера в целом. Кроме того, применение двухскоростного редуктора – позволит регулировать производительность винтового конвейера в зависимости от свойств транспортируемого груза.

Список литературы

1. Аскинази Б. М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой / Б. М. Аскинази. – Л.: Машиностроение, 1977. – 183 с.
2. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / К. Картман, Э. Лецкий, В. Шеффер и др. – М.: Мир, 1977. – 552 с.
3. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры / А.М.Григорьев - М.: Машиностроение, 1972. – 184 с. (ил. Зенков Р.Л. и др. Машины непрерывного транспорта: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Подъемно-транспортные, машины и оборудование». – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.: ил.).
4. Комплекс методик лабораторных испытаний рабочих жидкостей для гидросистем для шахтных крепей и гидромурфт. – М.: ИГД им. А.А.Скочинского, 1981. – 16 с.

Надійшла до редакції 25.10.2012

Н.А. Скляр, С. Бабич

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ ТА РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЖОЛОБУ Й РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ КОНВЕЄРА

У статті приведений аналіз довговічності жолобу й гвинтового валу гвинтових конвеєрів для транспортування сипучих вантажів, викладені пропозиції щодо поширення діапазону робочих швидкостей транс-

портування залежно від якостей матеріалу, пропозиції щодо підвищення довговічності жолобу й ремонтпридатності гвинтового конвеєра в цілому.

Ключові слова: гвинтовий конвеєр, довговічність, ремонтпридатність, продуктивність, жолоб, вал

N. Sklarov , S. Babich

SIGNATURE ANALYSIS DAMAGE ELEMENTS OF SCREW CONVEYORS AND PROPOSALS TO IMPROVE DURABILITY AND MAINTAINABILITY OF THE CONVEYOR CHUTE

In this article were presented the analysis of the gutter and durability screw shaft screw conveyor for conveying bulk goods, proposals to broaden the range of operating speeds that depending on the transport properties of the material to enhance the durability and maintainability trough screw conveyor as a whole.

Keywords: screw conveyor, durability, maintainability, performance, chute, shaft.